ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 MAI 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 juin au lieu du lundi 6.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Culture de végétaux en milieux additionnés de colorants. Degré de toxicité des colorants.* Note de MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret**.

Dans une Note antérieure, nous avons étudié l'action de nombreux colorants sur les cellules vivantes de végétaux très divers, placées entre lame et lamelle dans des solutions diluées de ces colorants. Il était intéressant de compléter ces observations par des cultures de végétaux en milieux additionnés des mêmes colorants afin de déterminer leur degré de toxicité. Nous avons surtout utilisé les plantules de Blé. Les graines aseptisées ont été placées dans des boîtes de Petri contenant du liquide de Knop gélosé, additionné de $0^{mg},5$ à 20^{mg} pour 100 du colorant essayé, à pH 7,6, et préalablement stérilisées. Dès que les graines germaient, leurs racines étaient chaque jour mesurées et examinées sous le microscope en retournant la boîte de Petri, afin de suivre la pénétration du colorant et sa localisation. Pour des observations plus précises, nous utilisions des boîtes de Petri pourvues d'une ouverture recouverte par une lamelle scellée au bitume de Judée, permettant l'observation directe sous le microscope à l'immersion.

On trouvera résumés dans le tableau ci-après les résultats de nos expériences relatives à la toxicité des colorants essayés.

Toxicité comparée des colorants pour les racines de Blé.

Colorant.	Concentration en milligrammes pour 100g du milieu.	Longueur moyenne des racines au bout de 3 jours.
Rouge neutre........	20	7,5
	10	9
Violet neutre........	id.	id.
Bleu de Nil..........	20	7,5
	10	8
Brun Bismarck.......	20	4,5
	10	5,5
Vert Lumière........	5	5
	1	6
Bleu de méthylène...	20	2,5
	5	3
	2	
Bleu de toluidine.....	10	2
	5	3
	2	4
Chrysoïdine.........	10	nul
	5	3
	2	4
Vert Janus..........	5	3
	2	5
Vert d'iode..........	5	3
	2	4
Bleu de crésyl.......	5	3
	2	3,5
Rouge de méthyle....	5	2,5
	2	3,5
Rhodamine..........	1	4

Colorant.	Concentration en milligrammes pour 100g du milieu.	Longueur moyenne des racines au bout de 3 jours.
Fuchsine acide.......	1	4,5
Bleu de naphtylamine.	5	2,5
	1	3
Bleu de naphtylène...	5	nulle
	1	3,5
Éosine..............	5	2,5
	1	3
Thionine............	5	2
Safranine...........	1	3
Érythrosine..........	1	nulle
	0,5	3
	0,1	4
Violet de gentiane....	0,3	2
	0,2	3
Violet de méthyle....	0,2	2,5
Violet Dahlia........	0,8	1,2
	0,3	2,5
	0,1	4,2
Violet Hoffmann.....	0,8	1,5
	0,3	2
	0,1	3,8
Crystal violet........	0,8	1,5
	0,3	1,8
	0,1	2,5
Vert malachite.......	1	nulle
Aurantia............	0,1	nulle

Il ressort de ce tableau que, parmi tous les colorants essayés, le rouge neutre et le violet neutre sont de beaucoup les moins toxiques; viennent ensuite le bleu de Nil, puis le brun de Bismarck. Les autres colorants sont plus nocifs, beaucoup sont même très toxiques (vert malachite et aurantia).

L'examen microscopique des cultures a permis de confirmer ce que nous avions constaté dans nos observations entre lame et lamelle, à savoir que,

d'une manière générale, ce sont les colorants basiques qui seuls pénètrent facilement dans les cellules. Ceux-ci ne se comportent pas toujours pendant la croissance comme lorsqu'on opère entre lame et lamelle; nos observations sur les racines nous conduisent à distinguer plusieurs groupes :

1° Les colorants qui se fixent exclusivement sur les vacuoles. Ce sont le rouge neutre, le violet neutre, les bleus de Nil, de crésyl, de naphtylamine et de naphtylène qui s'accumulent dans les vacuoles des cellules de coiffe, des poils absorbants et de toutes les cellules du méristème, y produisant des colorations persistant pendant toute la croissance de la racine et tant qu'elle demeure vivante. Le bleu de toluidine, la thionine, la fuchsine basique, la safranine, la rhodamine et le vert Janus se comportent de même, mais donnent des colorations moins intenses des vacuoles.

2° Les colorants qui s'accumulent dans les vacuoles, mais peuvent en même temps colorer d'une manière diffuse le cytoplasme. C'est le cas de la chrysoïdine qui s'accumule d'abord dans les vacuoles qu'elle teinte en rose orangé (avec formation de précipités plus fortement colorés) et peut conférer au cytoplasme et au noyau, surtout dans les cellules ayant arrêté leur croissance, une faible teinte jaune diffuse. A ce groupe, se rattachent tous les colorants très toxiques, le vert Janus à part, qui entre lame et lamelle montrent une électivité spéciale pour les chondriosomes et les plastes sur lesquels ils se fixent d'abord, puis donnent ensuite une coloration diffuse au noyau et au cytoplasme, en même temps qu'ils peuvent s'accumuler dans les vacuoles (crystal violet, le violet Hoffmann, les violets de Dahlia, de méthyle, de gentiane, les verts de méthyle, d'iode et malachite). Ceux-ci, pendant toute la durée de la croissance s'accumulent exclusivement dans les vacuoles, et ce n'est que dans les racines qui ont arrêté leur croissance et au voisinage de la dose limite qu'ils peuvent conférer au cytoplasme et au noyau une teinte diffuse, dans des cellules encore vivantes et présentant des courants cytoplasmiques, mais déjà en souffrance; souvent même, il est encore possible de distinguer, par leur coloration un peu plus accentuée, les chondriosomes et les plastes plus ou moins vésiculisés.

Parmi les colorants acides, les uns, tels la fuchsine acide et le vert lumière, ne produisent jamais la moindre coloration. L'éosine et l'érythrosine, considérées à tort par Küster et d'autres auteurs comme les meilleurs colorants du cytoplasme et du noyau, se comportent de même : cependant, elles donnent parfois, dans les vieilles cellules de coiffe, une légère teinte rose diffuse à la vacuole, coloration que la plasmolyse rend très apparente. Elles

servent ainsi d'intermédiaire entre le rouge de méthyle, colorant acide, qui se comporte néanmoins comme un colorant basique et donne aux vacuoles des cellules de coiffe une coloration très nette allant du rose violacé au bleu violacé ou verdâtre, d'ailleurs difficile à expliquer.

L'aurantia, qui contrairement à tous les autres colorants acides, pénètre instantanément dans les cellules en les tuant, lorsqu'on opère entre lame et lamelle, n'a permis d'obtenir aucun développement, mais a provoqué, dans les cellules encore vivantes, quoique ayant arrêté leur croissance, la formation de précipités jaunes dans la vacuole.

D'autres expériences ont été faites sur les racines de Lupin blanc. Les racines de jeunes plantules ayant germé aseptiquement ont été sectionnées et transportées sur des boîtes de Petri contenant du liquide de Knop gélosé, puis chaque jour mesurées et observées sous le microscope. Ces expériences ont donné des résultats sensiblement analogues. Des essais faits sur une Algue unicellulaire (*Microaster*) ont permis également d'obtenir l'accumulation dans les vacuoles du rouge neutre, des bleus de Nil et de crésyl.

Nos recherches démontrent donc qu'un assez grand nombre de colorants et, en particulier, les colorants vitaux les plus usuels (rouge neutre, bleus de Nil et de crésyl, brun de Bismarck, chrysoïdine, etc.) employés à petites doses permettent aux graines de germer et de produire des racines croissant plus ou moins vite, selon le colorant employé. Elles aboutissent donc à des résultats très différents de ceux obtenus dans les cultures de tissus animaux qui ont fait admettre que ces colorants, même le rouge neutre, inhibent la croissance des cellules et les tuent rapidement, et qui ont amené Verne à les considérer tous comme post-vitaux.

Il convient enfin de remarquer que les cellules des racines de Blé et de Lupin ont vis-à-vis des colorants vitaux un comportement bien différent des Champignons et en particulier des Levures et de l'*Oidium lactis*. Dans les Champignons, Saprolegniacées mis à part, le rouge neutre ne s'accumule dans les vacuoles que dans les cellules dont la croissance est arrêtée et, dès que celle-ci reprend, les cellules se débarrassent du colorant en l'excrétant dans le milieu de culture; enfin les bleus de Nil et de crésyl pénètrent dans les cellules dans les mêmes conditions, mais y sont rapidement réduits. Au contraire, les cellules des racines de Blé et de Lupin accumulent le rouge neutre et les autres colorants dans leurs vacuoles pendant leur croissance et les conservent tant qu'elles demeurent en vie, sans les excréter, ni les réduire.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur l'influence de la définition des fuites magnétiques sur les propriétés du diagramme circulaire des moteurs d'induction.* Note ([1]) de M. **André Blondel.**

En cette année où les Électriciens célèbrent le cinquantenaire de l'invention des courants polyphasés et des moteurs d'induction ([2]), d'où est sortie toute la technique moderne des transmissions de l'énergie électrique, j'ai été amené à revoir les théories anciennes qui ont permis de calculer ces moteurs et d'en établir le diagramme. Il me paraît intéressant de les compléter en généralisant la conception des fuites magnétiques et les conséquences qui en découlent, pour le tracé d'un diagramme plus rationnel.

Dans l'ancienne conception que j'ai développée autrefois ([3]), qui a conduit au premier diagramme circulaire (Behrend, Blondel, Heyland), les fuites magnétiques sont considérées comme des dérivations $(\nu_1 - 1)\Phi_1$ et $(\nu_2 - 1)\Phi_2$ des flux magnétiques fictifs du stator et du rotor. Au contraire, dans la conception de Kapp et Steinmetz, les fuites sont assimilées aux flux propres de petites bobines d'inductances l_1 et l_2, introduites en série dans les circuits primaires et secondaires. En réalité les deux types de fuites peuvent coexister et ne sont pas équivalents comme on le croit en général; il est bon de les associer.

Il convient donc de définir les coefficients totaux d'induction cyclique des circuits primaires et secondaires par les expressions

$$L_1 = \nu_1 m M + l_1, \tag{1}$$

$$L_2 = \frac{\nu_2 M}{m} + l_2, \tag{2}$$

dans lesquelles M est un coefficient d'induction mutuelle; m, un fac-

---

([1]) Séance du 16 mai 1938.

([2]) Les brevets de Nicolas Tesla ont été déposés en 1887 et délivrés le 10 mai 1888; avant leurs publications, une communication de Galileo Ferraris sur les champs tournants produits par bissection de phases a été faite à l'Académie des Sciences de Turin en mars 1888 et publiée en juin 1888.

([3]) Cf. *La Lumière Électrique*, 1893, **1**, p. 481 et 608; *L'Éclairage Électrique*, 1895, **4**, p. 241, 308 et 338 et **5**, p. 97-166, 253, 276, 442, 540, 598, et *L'Industrie Électrique*, 26 février 1896. Un historique détaillé des théories des moteurs d'induction se trouve dans un livre de B. A. Behrend, *The Induction Motor*, New-York, 1921, 2e édition.

teur de rapport de spires du primaire au secondaire; en appelant $\sigma = (L_1 L_2 - M^2)/L_1 L_2$ un coefficient global de dispersion, on a

$$\sigma L_1 = m v_1 M \sigma' + l_1 + \frac{v_1}{v_2} m^2 l_2, \tag{4}$$

en posant $\sigma' = 1 - 1/v_1 v_2$, comme dans l'ancienne théorie. Ici M doit être considérée comme une constante complexe dépendant de la saturation du fer, comme l'admittance G et la suceptance S correspondantes à la force électromotrice interne E_c à vide au primaire; le courant de pertes I_p et le courant magnétisant I_m au synchronisme sont donnés par les définitions

$$I_p - j I_m = (G - jS) E_c; \qquad E_c = j \omega m v_1 M (I_p - j I_m). \tag{6}$$

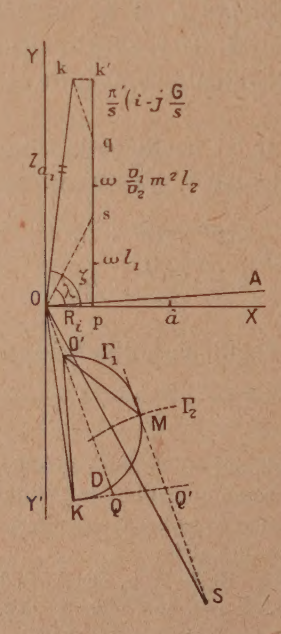
D'où, en éliminant E_c, et sachant que G est petit devant S,

$$\omega v_1 m M = \frac{1}{S + jG} = \frac{S - jG}{S^2 + G^2} \simeq \frac{1}{S}\left(1 - j\frac{G}{S}\right); \tag{7}$$

d'où, d'après (4),

$$\omega \sigma L_1 = \omega l_1 + \omega \frac{v_1}{v_2} m^2 l_2 + \frac{\sigma'}{S}\left(1 - j\frac{G}{S}\right); \tag{8}$$

si l'on a tracé à l'avance deux courbes des valeurs de G et S en fonction



de E_c on pourra, pour toute valeur donnée de cette dernière, construire le vecteur $OO' = I_p - j I_m$ représentant le courant à vide.

On a, en désignant par J_2 un courant secondaire fictif de même fréquence que le courant primaire I_1,

(9) $$U_1 = (R_1 + j\omega L_1)\overline{I}_1 + j\omega M\overline{J}_2,$$

(10) $$0 = j\omega M\overline{I}_1 + \left(\frac{R_2}{g} + j\omega L_2\right)\overline{J}_2,$$

en désignant par g le glissement $[g = (\omega - \omega')/\omega]$, on en déduit J_2 et le courant primaire $\overline{J}_1$ équivalent à $-\overline{J}_2$,

(11) et (12) $$-J_2 = \frac{U_1}{\overline{A}\frac{R_2}{g} + \overline{B}}; \qquad J_1 = \frac{1}{\overline{A}}(-J_2) = \frac{\overline{E}_c}{m\overline{A}\frac{R_2}{g} + m\overline{B}},$$

en appelant $\overline{E}_c$ la force électromotrice induite *à vide*, et en posant

(13) $$\overline{A} = \frac{R_0 + j\omega L_1}{j\omega M} = mv_1\left(1 + \frac{R_1 + j\omega l_1}{j\omega m M v_1}\right)$$
$$= mv_1[1 + R_1 G + \omega l_1 S + j(\omega l_2 G - R_1 S)],$$

(14) $$\overline{B} = \frac{L_2}{M}(R_1 + j\omega\sigma L_1); \qquad \text{l'argument} \quad b = \text{arc tang}\,\frac{\omega\sigma L_1}{R_1}.$$

Le courant primaire a deux expressions, (15) et (16) :

(15) $$I_1 = I_c + I_1 \quad \text{en posant} \quad I_c = \frac{E_c}{j\omega m v_1 M} = \frac{U_1}{R_1 + j\omega L_1},$$

(16) $$I_1 = \frac{U_1}{\overline{A}\frac{R_2}{g} + \overline{B}}\left(\frac{R_2}{g} + j\omega L_2\right).$$

On construit directement le vecteur OK représentant le courant primaire déduit de (14) dans le cas du glissement infini ($g = \infty$) :

(17) $$\text{OK} = (I_1)_\infty = \frac{U_1}{R_1 + j\omega\sigma L_1} = \frac{U_1}{\overline{Z}_{a_1}}$$

l'impédance en dénominateur, $\overline{Z}_{a_1}$ dont l'angle de phase est ζ, peut être d'après (16) construite graphiquement en Ok comme le montre la figure ci-contre : Os représente $\overline{z}_1$

(18) $$\text{Os} = R_1 + j\omega l_1 = \overline{z}_1$$

et fait l'angle λ avec l'horizontale; l'inverse complexe OS de Os (qui n'est pas à l'échelle) aboutit à un pôle fixe S qui peut servir à déterminer les forces électromotrices primaires E_1 correspondantes au courant $\text{OM} = I_1$.

La relation

(19) $$\bar{z}_1 I_1 = \bar{U}_1 - \bar{E}_1, \quad \text{ou} \quad \frac{\bar{E}_1}{\bar{z}_1} = \frac{\bar{U}_1}{\bar{z}_1} - \bar{I}_1 = \overline{OS} - \overline{OM}$$

donne sur la figure

(20) $$\frac{E_1}{U_1} = \frac{\overline{SM}}{\overline{SO}}.$$

Il est inutile de calculer les valeurs de I_1 par les équations algébriques (10) ou (11), car on démontre aisément que, si G et S sont constants, le point M, quand g varie, décrit un cercle construit sur la droite O′K comme corde et capable de l'angle $2\pi - a - b$. Tout courant OM est déterminé par l'intersection des deux cercles Γ_1 et Γ_2 correspondant au même E_1; et l'on démontre que l'échelle de $1/g$ est une droite KQ′ parallèle à OD′ et que l'on a

(21) $$\frac{\overline{QQ'}}{\overline{O'K}} = \frac{A R_2}{B g};$$

en faisant $g = 1$, on obtient la droite O′Q qui définit le point D correspondant au démarrage. Les propriétés du cercle et des droites O′K et O′D étant connues, on ne parlera pas des couples et des puissances; car l'objet de cette Note est surtout de montrer que la loi de variation de E_1 avec g peut varier considérablement suivant la proportion entre les deux espèces de fuites magnétiques considérées plus haut, et cela par suite des changements de grandeur et d'orientation de $\overline{OS}$.

Si l'on choisit la théorie de Kapp-Steinmetz, on doit remplacer l'impédance $\overline{Ok}$ par $\overline{Oq}$, qui est constante; $\overline{OK}$ est donc invariable et s'éloigne d'autant plus de la verticale que la résistance R_1 est plus grande par rapport aux réactances. De même $\overline{OS}$ est constant. Les deux droites OK et OS se rapprochent de l'horizontale quand on augmente R_1, notamment quand on ajoute une ligne résistante entre le réseau à tension constante et les bornes du moteur.

Si l'on préfère, au contraire, mon ancienne théorie, on doit supposer $l_1 = l_2 = 0$ et le point q vient en p en même temps que le tronçon qk prend une longueur équivalente à pk. La droite OK n'est plus constante et peut varier en longueur et en direction avec la saturation; l'impédance du primaire seul se réduisant à R_1, le vecteur OS est augmenté de longueur et ramené sur OX. La variation de E_1 et par suite du flux inducteur primaire, en fonction de la charge, est moins grande que dans la théorie précédente. En pratique, on doit avoir des cas intermédiaires.

D'autre part E_2 varie proportionnellement à $(R_2+jg\omega L_2)I_2$; la réluctance du fer dans le rotor diminue avec la charge mais d'autant moins que l_2 est plus grand. S varie en fonction de E_1 et E_2 ; mais sa variation totale en fonction de la charge est limitée par la constance de la réluctance de l'entrefer, qui est considérable par rapport à celle des noyaux de fer dans le circuit magnétique commun.

NOMINATIONS.

M. J. **Drach** est désigné pour représenter l'Académie, avec les délégués précédemment désignés, au *Cinquième Congrès international de Mécanique appliquée*, à Cambridge, Massachusetts, du 12 au 16 septembre 1938.

M. J. **de Lapparent** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration d'un médaillon à l'effigie de *Georges Friedel*, à l'Institut des Sciences géologiques de l'Université de Strasbourg, le mercredi 1er juin 1938.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Monographies de l'Institut Pasteur. *Études sur la Rage*, par P. Remlinger et J. Bailly.

2° Expédition antarctique belge. *Résultats du voyage de la Belgica en 1897-1899. Rapports scientifiques.* Zoologie. *Siphonophores et Cténophores*, par Eugène Leloup.

3° *Anatomie régionale des animaux domestiques.* Deuxième édition. I. *Équidés. Cheval-Ane-Mulet*, par E. Bourdelle et C. Bressou (présenté par M. E. Leclainche).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur l'espace projectif de M. D. van Dantzig.* Note de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans leur théorie des espaces à connexion projective, MM. J.-A. Schouten, D. van Dantzig et J. Haantjes (¹) emploient, pour désigner les points de l'espace projectif P_n, les coordonnées homogènes $x^\lambda (\lambda, \mu, \ldots = 0, 1, \ldots, n)$ qui subissent les transformations $\overline{x}^\lambda = \overline{x}^\lambda(x)$, où $\overline{x}^\lambda(x)$ sont des fonctions homogènes de degré 1 des variables x^λ.

Ils supposent de plus que les composantes de la connexion $\Pi^\lambda_{\mu\nu}$ soient des fonctions homogènes de degré -1 des variables x^λ, celles des autres êtres géométriques étant de degré quelconque.

Comme l'on a $\overline{x}^\lambda = (\partial \overline{x}^\lambda / \partial x^\mu) x^\mu$ (équations d'Euler), on peut regarder cet espace de M. D. van Dantzig comme un espace A_{n+1} à connexion affine à $n+1$ dimensions dans lequel on a introduit un champ de vecteur contrevariant x^λ.

Le but de cette Note est d'obtenir la propriété caractéristique de cet espace A_{n+1}, qui peut représenter l'espace projectif P_n de M. D. van Dantzig.

L'hypothèse que les composantes de la connexion affine $\Pi^\lambda_{\mu\nu}$ sont des fonctions homogènes de degré -1 des variables x^λ entraîne le fait que l'espace A_{n+1} admet une transformation affine infinitésimale

$$x^\lambda \to x^\lambda + x^\lambda \, dt,$$

c'est-à-dire que cette transformation infinitésimale laisse invariante la connexion affine de l'espace.

Prenons inversement un espace A_{n+1} à connexion affine à $n+1$ dimensions admettant une transformation affine infinitésimale

$$x^\lambda \to x^\lambda + \xi^\lambda \, dt$$

dans la direction déterminée par le vecteur contrevariant ξ^λ.

Passons à un autre système de coordonnées $\overline{x}^\lambda$ par rapport auquel on a

$$\overline{\xi}^\lambda = \overline{x}^\lambda,$$

ce qui est toujours possible, parce que

$$\overline{\xi}^\lambda = \xi^\mu \frac{\partial \overline{x}^\lambda}{\partial x^\mu};$$

(¹) Voir, par exemple, J.-A. Schouten et J. Haantjes, *Comp. Math.*, 3, 1936, p. 1-51.

donc, on n'a qu'à prendre comme $\overline{x}^\lambda$, $(n+1)$ solutions indépendantes de l'équation aux dérivées partielles

$$\overline{x}^\mu \frac{\partial f}{\partial x^\mu} = f.$$

Alors, comme cet espace admet la transformation affine infinitésimale $\overline{x}^\lambda \rightarrow \overline{x}^\lambda + \overline{x}^\lambda\, dt$, on voit que les fonctions $\overline{\Pi}^\lambda_{\mu\nu}$ sont homogènes de degré -1 par rapport aux $\overline{x}^\lambda$.

Par conséquent, on peut dire ce qui suit : ce qui caractérise l'espace à connexion affine A_{n+1} de M. D. van Dantzig, c'est la propriété que l'espace A_{n+1} admet une transformation affine infinitésimale

$$x^\lambda \rightarrow x^\lambda + \xi^\lambda\, dt$$

dans la direction déterminée par un vecteur contrevariant ξ^λ, les lignes de A_{n+1}, qui représentent les points de P_n, étant les trajectoires de la transformation affine infinitésimale.

M. L. P. Eisenhart (²) a montré qu'une condition nécessaire et suffisante pour que l'espace A_{n+1} à connexion affine sans torsion $(2\,S^\lambda_{\mu\nu} = \Pi^\lambda_{\mu\nu} - \Pi^\lambda_{\nu\mu} = 0)$ admette une transformation affine infinitésimale (collinéation affine) est

$$\Pi^\lambda_{\mu\nu\omega}\,\xi^\omega + \xi^\lambda_{;\mu;\nu} = 0,$$

où $\Pi^\lambda_{\mu\nu\omega}$ est le tenseur de courbure et le point-virgule indique la dérivée covariante par rapport à $\Pi^\lambda_{\mu\nu}$.

Dans le cas où il y a torsion, nous avons l'équation généralisée de M. L. P. Eisenhart

$$(1) \qquad \Pi^\lambda_{\mu\nu\omega}\,\xi^\omega + (\xi^\lambda_{;\mu} + 2\,S^\lambda_{\mu\omega}\,\xi^\omega)_{;\nu} = 0.$$

M. D. van Dantzig (³) a déjà obtenu cette équation, mais il n'en a pas donné l'interprétation géométrique.

Dans le système de coordonnées où $\overline{\xi}^\lambda = \overline{x}^\lambda$, on a, de (1),

$$\overline{\Pi}^\lambda_{\mu\nu,\omega}\,\overline{x}^\omega + \overline{\Pi}^\lambda_{\mu\nu} = 0,$$

conformément à l'énoncé précédent où la virgule désigne la dérivée par rapport à $\overline{x}^\omega$.

Si l'on prend un système de coordonnées $\overline{x}^\lambda$ dans lequel on a

$$\overline{\xi}^\mu = \delta^\mu_0,$$

(²) *Non Riemannian Geometry, Amer. Math. Soc. Coll. Publ.*, 8, 1927, p. 126.
(³) *Math. Ann.*, 106, 1932, p. 422, équation (76).

ce qui est toujours possible, nous avons, de (1),

$$\Pi^{\lambda}_{\mu\nu,0} = 0,$$

ce qui nous montre que les $\Pi^{\lambda}_{\mu\nu}$ ne dépendent pas de la coordonnée x^0 [4].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Propriétés topologiques des fonctions de variables réelles*. Note de M. **Alexandre Froda**, présentée par M. Émile Borel.

Soient C une courbe fermée sans point multiple, définie dans un espace à un nombre fini de dimensions, $f(P)$ une fonction uniforme du point P, définie en chaque point de C, T une homéomorphie appliquant la courbe C sur elle-même, T_k l'itération k fois de suite de T. Si à P T_k fait correspondre P′, on écrira $P \sim P'$ (*selon* T_k).

Soit P_0 un point quelconque de C et $P_0 \sim P_k$ (selon T_k). $\Omega(P_0, T) = \Sigma P_k$ est une suite *périodique*, s'il existe des points tels que $P_j \equiv P_k (j \neq k)$.

Si aucun $\Omega(P_0, T)$ n'est périodique, on dira que T appartient à *la classe* Q. Poincaré a montré que si T appartient à la classe Q, le dérivé de chaque $\Omega(P_0, T)$ est indépendant de P_0 et : ou bien identique à C, ou bien parfait totalement discontinu; il est invariant par T; on le désignera par $\mathfrak{J}(T)$ [1].

En particulier, lorsqu'une homéomorphie T appartient à la classe Q et, de plus, $\mathfrak{J}(T)$ est identique à la courbe C, on dira que T appartient à la classe D. M. Denjoy a donné une condition suffisante, très générale, pour qu'une homéomorphie T, appartenant à Q, soit de classe D [2].

I. *Lorsqu'une fonction* $f(P)$, *finie ou non, est telle que* $f(P) < f(P')$ *pour chaque couple* P, P′, *tel que* $P \sim P'$ (*selon* T), *alors* T *appartient à la classe* Q *et la fonction est totalement discontinue sur* $\mathfrak{J}(T)$.

En effet, l'existence de $f(P)$, telle que $f(P_k) < f(P_{k+1})$ implique que la suite $\Omega(P_0, T)$ n'est périodique pour aucun P_0, donc T appartient à la classe Q. D'autre part, si l'on considère un point P_0 quelconque de $\mathfrak{J}(T)$, il est clair que $f(P_k)$ croît (au sens strict) avec k. Mais la suite P_k appartient à $\mathfrak{J}(T)$ et, comme point de $\mathfrak{J}(T)$, P_0 est point limite de $\Omega(P_0, T)$.

---

(4) J. H. C. Whitehead, *Annals of Math.*, 32, 1931, p. 327-360.

(1) Cf. Arnaud Denjoy, *J. de Math.*, 11, 1932, p. 343 et suivantes.

(2) *Loc. cit.*, p. 371.

Il est clair que, en ce point, $f(P)$ possède une valeur limite supérieure à $f(P_1) > f(P_0)$. Donc $f(P)$ est discontinue sur $\mathfrak{J}(T)$ au point P_0.

Conséquence. — Si $f(P)$, finie ou non, est limite de fonctions continues, la différence $f(P) - f(P')$ ne peut conserver un signe constant, non nul, lorsque P parcourt C, si $P \sim P'$ (selon T), T étant quelconque.

II. *Si l'homéomorphie* T *appartient à la classe* Q *et si, pour tout point* P *de* C, *excepté un ensemble* E_0 *de première catégorie sur* $\mathfrak{J}(T)$, *l'on a* $f(P) < f(P')$, *où* $P \sim P'$ *(selon* T*), la fonction* $f(P)$ *est totalement discontinue sur* $\mathfrak{J}(T)$.

Démonstration analogue à I, le point P_0 étant choisi dans $\mathfrak{J}(T) c E_\omega$, où cE_ω est le complémentaire de $E_\omega = \Sigma E_k$, où $E_0 \sim E_k$ (selon T_k).

Conséquence. — Lorsque T appartient à la classe Q (respectivement à la classe D) et $f(P)$ est ponctuellement discontinue sur $\mathfrak{J}(T)$ (respectivement sur C), les ensembles $E[F(P) \geqq 0]$ et $E[F(P) \leqq 0]$, où

$$F(P) = f(P) - f(P'),$$

sont de seconde catégorie sur $\mathfrak{J}(T)$ (respectivement sur C).

Convenons, afin d'abréger, de dire que $f(P)$ *possède la propriété* (α), si elle ne peut passer sur un arc de C de l'une à l'autre de ses valeurs sans prendre toute valeur intermédiaire (exemples : une dérivée, une fonction approximativement continue).

III. *Si* T *est une homéomorphie quelconque (respectivement si* T *appartient à la classe* Q*), tandis que la fonction finie* $f(P)$ *est limite de fonctions continues [resp. ponctuellement discontinue sur* $\mathfrak{J}(T)$*] et possède la propriété* (α), *il existe au moins un couple (resp. au moins deux couples) de points* $P \sim P'$ *(selon* T*) pour lesquels vaut une égalité telle que*

$$\lim f(P) = \lim f(P'), \tag{1}$$

chacun des deux membres désignant une des valeurs limites de $f(P)$ *aux points* P *et* P'.

En effet, ou bien $E_0 \equiv E[F(P) = 0]$, où $F(P) = f(P) - f(P')$, est non nul et (1) est satisfaite, ou bien E_0 est nul. Alors (en vertu de II, *Conséquence*) $E_1 \equiv E[F(P) > 0]$ et $E_2 \equiv E[F(P) \leqq 0]$ sont non nuls (respectivement infinis) et l'ensemble de leurs points frontière contient au moins un point (au moins deux points). Soit P un point frontière, contenu en E_2, par exemple. Si $F(P) = 0$, on a (1); supposons donc $F(P) = -a$, où $a > 0$ et $P \sim P'$ (selon T). On se donne une suite de points P_n quelconques de E_1 tendant vers P, l'on pose $F(P_n) = b_n$, $b_n > 0$ et soient $P_n \sim P'_n$ (selon T).

Puisque $f(P)$ possède la propriété (α), il existe sur l'arc PP_n un point π_n, sur l'arc $P'P'_n$ un point π'_n, tels que

$$(a+b_n)f(\pi_n)=af(P_n)+b_nf(P) \quad \text{et} \quad (a+b_n)f(\pi'_n)=af(P'_n)+b_nf(P').$$

Il s'ensuit $f(\pi_n)=f(\pi'_n)$ et π_n tend vers P'.

Soit C rectifiable et fermée, $\varphi(s)=s'$ et $\psi(s')=s$, où $s=\text{arc}\,OP$, $s'=\text{arc}\,OP'$, avec les conventions nécessaires sur le sens positif et le choix des déterminations. On dira que T appartient à la *classe* S, si chacune des fonctions $\varphi(s)$ et $\psi(s)$ satisfait à une condition de *Lipschitz*.

IV. *Lorsque* T *appartient à la classe* S *et* $f(P)$ *est une fonction approximativement continue en chaque point de* C, *il en résulte* $f(P)=f(P')$ *pour au moins un couple de points* $P \sim P'$ (*selon* T).

On démontre aisément que $F(s)=f(s)-f(s')$ est une fonction approximativement continue en chaque point de C; elle est donc ([3]) limite de fonctions continues et possède la propriété (α); il n'y a qu'à appliquer I. La même démonstration conduit à cet énoncé :

V. *Lorsque la dérivée* $f'(x)$ *d'une fonction continue* $f(x)$ *prend deux valeurs égales aux extrémités d'un intervalle* $x_0x'_0$ *de longueur* l, *il existe sur cet intervalle une suite indéfinie d'intervalles* $x_ix'_i$ *successivement emboîtés l'un dans l'autre, tels que la longueur* $x_ix'_i$ *soit* $l/2^i$ *et que, pour tout* i, *la dérivée* $f'(x)$ *prenne des valeurs égales aux extrémités d'un intervalle* $x_ix'_i$.

On démontre directement ce théorème en observant la variation de signe de la dérivée $f(x+l/2)-f(x)$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur des réducteurs dynamiques d'oscillations particulièrement applicables aux vibrations des arbres de machines.* Note de M. **Bernard Salomon**, présentée par M. Émile Jouguet.

Nous avons décrit ([1]) deux variantes de systèmes réducteurs à un étage de masses centrifuges oscillantes et roulantes.

La présente Note est relative aux systèmes à *deux étages* de masses centrifuges oscillantes et roulantes.

Le premier étage comprend un ou plusieurs corps solides oscillant en

---

([3]) Cf. Arnaud Denjoy, *Introduction à la théorie des fonctions de variables réelles*, 1, 1937, p. 47-48.

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1315.

roulant directement et librement sur des chemins de roulement entraînés par l'arbre; un second étage comprend une ou plusieurs masses dont chacune oscille en roulant librement sur un corps au moins du premier étage.

Nous nous limiterons ici au cas où les plans d'oscillations sont perpendiculaires à l'axe de l'arbre tournant :

1° On peut, pour compenser simultanément deux harmoniques perturbateurs différents, utiliser un seul système à *deux étages, accordé*, pour toutes les vitesses de l'arbre, sur les deux harmoniques;

2° Il peut être avantageux que les masses pendulaires oscillent en demeurant parallèles à elles-mêmes, dans leur mouvement relatif.

Un moyen classique d'obtenir ce résultat est l'emploi de liaisons supplémentaires, notamment de suspensions bifilaires.

Le montage à *deux étages de masses oscillantes roulantes* permet de conférer cette propriété, *par voie purement dynamique*, *sans liaisons supplémentaires*, donc *sans suspension bifilaire* à des masses du second étage.

Soit α' la vitesse angulaire de l'arbre dans le plan du système oscillant.

Soit un système comprenant, au premier étage, un rouleau m_1, d'axe M_1, oscillant en roulant sur la paroi d'un alvéole, et, au second étage, une masse unique m_2 en forme d'anneau de révolution d'axe M_2 ([2]).

θ est l'écart angulaire de l'axe M_1 par rapport à sa position moyenne, φ_1 la rotation correspondante de m_1 dans le mouvement relatif; u l'écart angulaire de M_2 par rapport à sa position moyenne relativement à m_1.

φ_2 est, pour les déplacements θ et u, la rotation de m_2 dans le mouvement relatif.

On pose

$$v = \varphi_1 + u.$$

Les équations, au second ordre près par rapport à ces angles, sont, pour un couple perturbateur unique $C \sin \omega t$ (harmonique d'ordre $n = \omega/\alpha'$) s'exerçant sur l'arbre dans le plan de fixation du système oscillant,

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\lambda_0 \alpha'' + \mu_1 \theta'' + \mu_2 v'' = C \sin \omega t, \\ &\mu_1 \alpha'' + \lambda_1 \theta'' + \frac{1}{\gamma_1} \theta + M v'' + \frac{1}{\gamma_2} v = 0, \\ &\mu_2 \alpha'' + M \theta'' + \frac{1}{\gamma_2} \theta + \lambda_2 v'' + \frac{1}{\gamma^4} v = 0, \end{aligned} \right.$$

([2]) On peut généraliser.

λ_0 moment d'inertie total du système par rapport à l'axe de l'arbre; λ_1 et λ_2 moments d'inertie fonctions des masses m_1 et m_2; μ_1, μ_2, M coefficients de couplage, les $1/\gamma_i$ coefficients de couples de rappel centrifuges.

Pour le régime permanent sinusoïdal, posons

$$(2)\qquad \begin{cases} \varepsilon_1 = \dfrac{1}{\lambda_1 \gamma_1 \omega^2} - 1, \\ \varepsilon_2 = \dfrac{1}{M \gamma_2 \omega^2} - 1, \\ \varepsilon_4 = \dfrac{1}{\lambda_2 \gamma_4 \omega^2} - 1, \end{cases}$$

quantités constantes, pour un harmonique d'ordre n, quand α' varie.

D'où les équations

$$(3)\qquad \begin{cases} \lambda_0 \alpha'' + \mu_1 \theta'' + \mu_2 \varphi'' = C \sin \omega t, \\ \mu_1 \alpha'' - \lambda_1 \varepsilon_1 \theta'' - M \varepsilon_2 \varphi'' = 0, \\ \mu_2 \alpha'' - M \varepsilon_2 \theta'' - \lambda_2 \varepsilon_4 \varphi'' = 0. \end{cases}$$

On donne, par construction du système pendulaire, aux ε_i des valeurs telles que le déterminant du troisième ordre Δ [3] (fonction de n) soit différent de 0, condition valable quel que soit α'.

On a

$$(4)\qquad \alpha'' = \frac{C \sin \omega t}{\dfrac{\Delta}{\delta}}$$

avec

$$(5)\qquad \delta = \begin{vmatrix} \lambda_1 \varepsilon_1 & M \varepsilon_2 \\ M \varepsilon_2 & \lambda_2 \varepsilon_4 \end{vmatrix}.$$

Tout se passe comme si, relativement à l'harmonique considéré d'ordre n, le système était remplacé *par le facteur Δ/δ qui a les dimensions d'un moment d'inertie, fonction de n, indépendant de la vitesse angulaire α', fini ou infini, positif ou négatif.*

Mais ce n'est pas tout : on peut se proposer d'imposer aux amplitudes d'oscillations angulaires une relation linéaire (a, b, constantes)

$$(6)\qquad a\theta'' + b\varphi'' = 0.$$

Il suffit d'annuler le déterminant caractéristique correspondant Δ_1, *qui est fonction de l'harmonique n et indépendant de α'.*

---

[3] Le cas de $\Delta = 0$ sort du cadre de la présente Note.

En particulier, la relation (6) peut exprimer $\varphi''_2 = 0$, oscillation de la masse m_2 du second étage de masses oscillantes roulantes, avec mouvement de translation, dans le mouvement relatif, et on annule le caractéristique Δ_1, correspondant.

Alors m_2 oscille parallèlement à elle-même dans le mouvement relatif pour toutes les vitesses de l'arbre.

Ces conditions, *de nature purement dynamique*, n'impliquent aucune liaison supplémentaire, et, en particulier, n'impliquent pas de suspension bifilaire.

Elles conduisent en pratique à des relations géométriques et à des caractères constructifs d'une grande simplicité.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur certaines propriétés générales d'équilibrage des machines à piston, d'après la méthode des vecteurs tournants symétriques.* Note de M. **Gérard Delanghe**, présentée par M. Émile Jouguet.

La force d'inertie alternative d'ordre p relative à un cylindre quelconque, de rang k, d'une machine polycylindrique peut être considérée comme la résultante de deux forces tournantes situées dans un plan diamétral du cylindre : l'une, $I_p^{(k)}$, se meut à une vitesse p fois plus grande que la vitesse angulaire ω constante du vilebrequin ; l'autre, $H_p^{(k)}$, se meut en sens inverse, de manière à rester constamment symétrique de $I_p^{(k)}$ par rapport à l'axe du cylindre.

Première propriété. — *Si l'on effectue la réduction, en un point O quelconque, du système des forces d'inertie alternatives d'ordre p, dans une machine à n cylindres diversement orientés autour du vilebrequin, la résultante générale de ces forces est animée d'une vibration elliptique dans un plan normal à l'axe de rotation du vilebrequin.* — En effet, pour chaque cylindre, prenons comme plan diamétral contenant les forces $I_p^{(k)}$ et $H_p^{(k)}$ celui qui est orthogonal à l'axe de rotation du vilebrequin ; toutes les forces $I_p^{(k)}$ et $H_p^{(k)}$ sont alors situées dans des plans parallèles. L'ensemble des n forces $I_p^{(k)}$ transportées au point O et entraînées dans une même rotation admet une résultante OI_p tournant à la vitesse $p\omega$; de même, les n forces $H_p^{(k)}$ admettent une résultante OH_p tournant en sens inverse de OI_p, et à la même vitesse $p\omega$; les modules de OI_p et de OH_p sont constants. Or, on sait que la résultante de deux vecteurs de module constant, tournant en sens inverse, à la même vitesse angulaire, vibre elliptiquement.

CONSÉQUENCE. — *On peut toujours équilibrer la résultante générale des forces d'inertie alternatives d'ordre p dans une machine polycylindrique au moyen de deux masses tournant en sens inverse l'une de l'autre, dans un plan normal à l'axe de rotation du vilebrequin, à une vitesse p fois supérieure à celle de ce dernier.*

En effet, il suffit de placer sur le prolongement de I_p et sur celui de H_p une masse telle et située de telle manière que la force centrifuge correspondante fasse équilibre respectivement à I_p ou à H_p.

Si l'une des forces I_p ou H_p est nulle, la vibration de la résultante devient circulaire et la résultante peut être équilibrée au moyen d'une masse unique placée sur son prolongement.

Enfin, si I_p et H_p ont même intensité, la vibration de la résultante est rectiligne : c'est le cas, en particulier, des moteurs à cylindres en ligne. L'équilibrage est alors possible au moyen de deux masses tournantes égales, symétriques.

DEUXIÈME PROPRIÉTÉ. — *Le moment résultant, par rapport à un axe* (A) *fixe, des forces d'inertie alternatives d'ordre p, dans une machine à n cylindres, peut être équilibré au moyen de deux systèmes symétriques, de deux masses égales chacune, tournant en sens inverse à la vitesse* $p\omega$ *autour d'un axe* (E) *orthogonal à* (A). — En effet, à la force d'inertie $j_p^{(k)}$, d'ordre p, du cylindre K correspond, par rapport à l'axe (A), un moment $m_p^{(k)}$ qui est constamment proportionnel à $j_p^{(k)}$, puisque les supports de $j_p^{(k)}$ et de $m_p^{(k)}$ sont fixes. Comme on l'a fait pour $j_p^{(k)}$, on peut donc remplacer $m_p^{(k)}$ par deux moments tournants $M_p^{(k)}$, $N_p^{(k)}$ symétriques, animés de la vitesse angulaire $p\omega$. Le moment résultant, somme algébrique des moments $m_p^{(k)}$, peut être, lui aussi, remplacé par deux moments tournants symétriques M_p, N_p. Or chacun de ces derniers peut être équilibré, sans troubler la résultante générale, par un système de deux masses égales, situées dans un même plan avec un axe (E) orthogonal à (A), à la même distance de (E), mais de part et d'autre de (E), et dans des plans de révolution distincts. Deux tels systèmes de deux masses, disposés symétriquement, permettent d'équilibrer l'ensemble des deux moments M_p, N_p.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur le potentiel de gravitation de la galaxie.* Note de M. **Henri Mineur**, transmise par M. Jean Chazy.

1. Plaçons-nous en un point C du plan galactique, situé à la distance R_0 du centre, soient $C\xi$ l'axe dirigé vers l'anticentre, $C\eta$ l'axe perpendiculaire

au précédent dans le plan galactique et $C\zeta$ l'axe perpendiculaire au plan galactique. La connaissance du potentiel U_1 de la galaxie au voisinage de C est nécessaire pour une étude complète des amas. Par suite de la symétrie de la galaxie par rapport aux plans $\xi\eta$ et $\xi\zeta$, U_1 se développe sous la forme

$$U_1 = -\frac{1}{2}n^2[(\xi+R_0)^2+\eta^2] - \frac{1}{2}\alpha\xi^2 - \frac{1}{2}\alpha'\zeta^2 - \frac{1}{2}\gamma\xi^3 - \frac{1}{2}\frac{\alpha}{R_0}\xi\eta^2 - \frac{1}{2}\gamma'\xi\zeta^2.$$

2. n est défini par

$$n^2 = -\frac{1}{R_0}\left(\frac{\partial U_1}{\partial R}\right)_0,$$

R désignant la distance à l'axe galactique, et il est facile de voir que, si la densité stellaire décroît lorsqu'on s'éloigne de cet axe, n^2 est positif.

α' est défini par

$$\alpha' = -\left[\frac{\partial^2 U_1}{\partial\zeta^2}\right]_{\zeta=0}.$$

On démontre que, pour un bâtonnet homogène symétrique par rapport au plan galactique, α' est positif, il en est donc encore ainsi si la densité stellaire décroît lorsqu'on s'éloigne du plan galactique.

α est défini par

$$\alpha = \frac{1}{R}\frac{\partial U_1}{\partial R} - \frac{\partial^2 U_1}{\partial R^2}.$$

B. J. Bok ([1]) a cru pouvoir affirmer que, si la densité stellaire décroît lorsqu'on s'éloigne du centre galactique, α est négatif.

Mais on peut montrer qu'il n'en est rien en formant un modèle de galaxie vérifiant la condition précédente et dans laquelle α est positif. Il suffit pour cela de considérer un cylindre de révolution homogène, on vérifie que, pour ce dernier, α est positif près du centre; une superposition convenable de cylindres coaxiaux possède la même propriété et sa densité décroît lorsqu'on s'éloigne du centre.

On peut cependant former des modèles de galaxie dépendant d'une fonction arbitraire de deux variables, pour lesquelles α est partout négatif. Il suffit de montrer que cette propriété a lieu pour un ellipsoïde de révolution homogène et de considérer une superposition d'ellipsoïdes coaxiaux. Pour un ellipsoïde on a, en effet,

$$U_1 = \frac{1}{2}\beta_0 - \frac{1}{2}\beta_1 R^2,$$

([1]) *Harvard College Observatory Bulletin*, n° 876, juin 1930, p. 13.

où β_0 et β_1 sont des coefficients classiques constants à l'intérieur de l'ellipsoïde et fonctions de R à l'extérieur. A l'intérieur on a

$$\alpha = 0,$$

et à l'extérieur

$$\alpha = \frac{\partial \beta_1}{\partial R} < 0.$$

3. Les valeurs numériques des coefficients de U_1 peuvent être déduits de l'observation.

J. H. Oort a montré (²) que la connaissance de la variation de la densité stellaire avec la distance au plan galactique permettait de calculer α'.

B. J. Bok (³) a montré que la connaissance des deux constantes A et B de la rotation galactique permettait le calcul de n et α.

Si l'on représente la vitesse angulaire de rotation $\Omega(R)$ à la distance R par le développement

$$\Omega(R) = B - A + \frac{2A}{R_0}(R - R_0) + \frac{C}{R_0^2}(R - R_0)^2 + \ldots,$$

et si l'on écrit que cette rotation est produite par le potentiel U_1, on obtient

$$n = B - A, \qquad \alpha = 4An, \qquad \gamma = \frac{2n(A + C) + 4A^2}{R_0}.$$

Or j'ai montré (⁴) que l'étude des mouvements des amas galactiques qui sont répartis sur une aire étendue du plan galactique permettait d'obtenir non seulement A et B, mais C, les formules précédentes donnent donc γ.

Par ailleurs l'équation de Poisson montre que la densité stellaire ν à la distance R est

$$\nu = \frac{1}{4\pi f}\left[(2n^2 + \alpha + \alpha') + \left(\frac{\alpha}{R_0} + 3\gamma + \gamma'\right)(R - R_0) + \ldots\right].$$

La connaissance de ν par les données de la statistique stellaire permet donc de vérifier les valeurs de n, α et α' et d'évaluer γ'.

En prenant comme unités le parsec, l'année et la masse solaire, on trouve pour le voisinage du soleil :

n.	α.	α'.	γ.	γ'.
$-3,07.10^{-8}$	$-1,95.10^{-15}$	$+5,65.10^{-15}$	$+0,6.10^{-18}$	$+1,3.10^{-18}$

(²) *Bulletin of Astronomical Institute of Netherlands*, **6**, août 1932, p. 249.

(³) *Harvard College Observatory Circular*, **384**, février 1934, p. 7.

(⁴) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 721.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le problème de l'agitation thermique en présence d'un champ de gravitation.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérons une étoile de masse M et de rayon *R*. En tout point de cette étoile, situé à une distance r de son centre, trois grandeurs sont *a priori* inconnues : la pression p, la densité ρ et la température absolue T. Pour définir ces grandeurs, trois équations sont nécessaires, et les lois générales applicables aux gaz en fournissent immédiatement deux :

$$p = \frac{R}{\mu}\rho T, \tag{1}$$

où R est la constante des gaz et μ le poids moléculaire moyen ;

$$dp = -g\rho\, dr, \tag{2}$$

où g est l'accélération de la pesanteur. Tout l'intérêt du problème de l'équilibre stellaire se rencontre dans la recherche de la troisième équation ; celle-ci doit traduire l'état thermodynamique qui se présente effectivement dans l'étoile, et, comme il a apparu qu'il n'était pas possible de préciser cet état, on s'est trouvé sans directives. C'est ainsi qu'on a étudié arbitrairement un état dit polytropique, qui comporte un paramètre indéterminé n, et, si l'attention des savants s'est portée sur le cas où n est pris égal à 3, c'est uniquement parce qu'on a alors obtenu des résultats simples.

Nous nous proposons de montrer que l'état thermodynamique qui règne dans les étoiles résulte du fait même que l'agitation thermique s'y effectue en présence d'un champ de gravitation et d'établir en conséquence la troisième équation. A cet effet, désignons par M la masse moyenne des particules, par v leur vitesse efficace, et écrivons la relation de Clausius

$$p = \frac{2}{3}\frac{\rho}{M}\frac{1}{2}Mv^2 = \frac{1}{3}\rho v^2.$$

Puis, dp, $d\rho$ et dv^2 représentant les variations respectives de p, ρ et v^2 lorsque r augmente de dr, il vient, en différentiant cette relation,

$$dp = \frac{1}{3}v^2\, d\rho + \frac{1}{3}\rho\, dv^2 = \frac{p}{\rho}\, d\rho + \frac{1}{3}\rho\, dv^2, \tag{3}$$

Une particule déterminée décrit un polygone dont les sommets corres-

pondent aux chocs qu'elle reçoit, dont les côtés sont compris dans des plans verticaux d'azimut quelconque et font, avec la direction du rayon, des angles moyens constants θ ou $\pi-\theta$. Sur chaque côté de ce polygone, la particule est soumise à une accélération $\mp g\cos\theta$, orientée comme ce côté et qui tend à modifier la grandeur de sa vitesse [1]; or, par suite des variations successives de l'azimut des plans verticaux, seule la composante verticale $-g\cos^2\theta$ de cette accélération produit un effet systématique et, au niveau $r+dr$, l'énergie cinétique de la particule vaut

$$\frac{1}{2}Mv^2 - Mg\cos^2\theta\,dr.$$

En première approximation, $\cos^2\theta = 1/3$; mais, si l'on tient exactement compte de la distribution des vitesses comme il est prévu par la théorie, une légère correction s'introduit [2] et conduit pratiquement à multiplier $1/3$ par

$$\left(\frac{3}{2\sqrt{2}}\right)^2 = (3\times 0{,}353\ldots)^2 = (1{,}060\ldots)^2.$$

De plus, le gaz stellaire étant de caractère monoatomique, la différence d'état thermique, entre les niveaux r et $r+dr$, est mesurée par $Mdv^2/2$, et la condition nécessaire et suffisante pour que l'étoile soit en équilibre s'écrit

$$\frac{1}{2}M\,dv^2 = -Mg\cos^2\theta\,dr = -\frac{1}{3}\left(\frac{3}{2\sqrt{2}}\right)^2 Mg\,dr = -\frac{3}{8}Mg\,dr,$$

ou, en se reportant à l'équation (2),

$$(4)\qquad dv^2 = -\frac{3}{4}g\,dr = \frac{3}{4}\frac{dp}{\rho}.$$

L'équilibre est alors parfaitement assuré : loin d'être troublé par l'agitation thermique radiale, il en est la conséquence; la conductibilité des étoiles est nulle et celles-ci n'ont aucune tendance à perdre la chaleur qu'elles contiennent.

Pour obtenir la troisième équation, nous n'avons plus qu'à introduire le résultat (4) dans la relation (3). Il vient

$$\frac{dp}{p} = \frac{4}{3}\frac{d\rho}{\rho},$$

---

(1) Dans un cadre plus large, nous analyserons le rôle de la composante $g\sin\theta$, normale au côté.

(2) L. Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie*, Leipzig, **1**, 1896, p. 78 et 79.

et l'intégration est immédiate, $\varkappa$ désignant une constante

$$p = \varkappa\rho^{\frac{4}{3}}.$$

Ajoutons enfin que, si l'on fait intervenir la pression de radiation, on parvient à cette même équation, dans laquelle la pression de la matière p est simplement remplacée par la pression totale P.

Il se trouve que c'est là très exactement l'équation à laquelle on a été conduit en admettant que l'équilibre était polytropique et en se plaçant dans le cas où n est pris égal à 3; toutes les conséquences qu'on en a déduites peuvent donc être conservées. Mais nous pensons avoir élucidé la question touchant la nature de l'équilibre des étoiles et être en mesure de répondre à une préoccupation dont, sans prendre parti d'ailleurs, Sir A. Eddington nous a fait part à la suite de notre publication d'une Note concernant les naines blanches [3]. Quelle est l'influence de neutrons libres sur la conductibilité des étoiles, étant donné que le moyen parcours de ces particules est grand [4]? Cette influence est nulle; une étoile, même uniquement composée de neutrons, ne peut pas perdre sa chaleur par conductibilité.

THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'emploi de l'ammoniac comme carburant dans les moteurs à explosions*. Note [1] de M. **Pierre Montagne**, présentée par M. Émile Jouguet.

L'ammoniac contenant une fois et demie son propre volume d'hydrogène, on peut être tenté de l'employer comme combustible dans les moteurs à explosions. Pour nous rendre compte de sa valeur, nous l'avons comparé par le calcul à d'autres substances utilisables comme carburants : l'hydrogène, l'oxyde de carbone, le toluène et le N-heptane parmi les corps purs, un gaz à l'eau et un gaz mixte parmi les mélanges.

Nous avons fait cette comparaison dans les conditions théoriques du cycle à quatre temps, en admettant : que la compression (2e temps) et la détente (3e temps) sont adiabatiques, que la propagation de la défla-

---

(3) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 335.

(4) Voir également Sir A. Eddington, *Les nouveaux sentiers de la Science*, Paris, 1936, p. 195 et 196.

(1) Séance du 21 mars 1938.

gration dans le mélange gazeux est instantanée, et qu'il n'y a aucune dissociation dans les gaz après la déflagration. Nous supposons également que le mélange combustible calculé pour la combustion théorique complète dans l'air remplit complètement le cylindre sous 1 atm. et 290° K. au début du deuxième temps et que les frottements sont négli-

Caractéristiques théoriques de divers carburants.

Combustible étudié (teneur en combustible du mélange admis dans le moteur).	Taux de compression r.	État des gaz : début du 3e temps		fin du 3e temps		Travail (²)		
		T_1 (°K).	P_1 (atm).	T_2 (°K).	P_2 (atm).	par cylindrée.	par gramme de combustible.	par gramme de carbone.
Ammoniac,	6....	2740	60	1740	6,3	11,87	3,19	»
combustion complète	7....	2761	70	1670	6,1	12,57	3,37	»
(21,87 % NH^3).	8....	2782	81	1630	5,9	13,19	3,54	»
Ammoniac,	6....	2647	59	1661	6,2	11,55	2,88	»
mélange riche	7....	2670	69	1608	6,0	12,31	3,07	»
(23,55 % NH^3)	8....	2685	79,5	1560	5,8	12,91	3,21	»
Hydrogène,	6....	3292	58	2120	6,2	11,42	19,16	»
combustion complète	7....	3320	68	2057	6,05	12,17	20,40	»
(29,58 % H^2).	8....	3340	78	2003	5,9	12,78	21,43	»
Oxyde de carbone,	6....	3400	60	2265	6,6	12,13	1,465	3,42
combustion complète	7....	3423	70,5	2202	6,5	12,92	1,559	3,64
(29,58 % CO).	8....	3444	81	2156	6,3	13,59	1,640	3,83
Gaz mixte (³),	6....	2630	49	1680	5,2	9,23	0,722	4,37
combustion complète	7....	2655	58	1630	5,1	9,82	0,768	4,65
(44,84 %).	8....	2677	67	1589	4,9	10,32	0,807	4,89
Gaz à l'eau (³),	6....	3258	58	2135	6,3	11,54	2,40	6,40
combustion complète	7....	3282	68	2074	6,15	12,29	2,56	6,82
(30,66 %).	8....	3304	78,5	2022	6,0	12,92	2,69	7,16
Toluène,	6....	3335	70,5	2136	7,4	14,56	8,18	7,61
combustion complète	7....	3352	83	2065	7,3	15,52	8,71	8,10
(2,28 %).	8....	3370	94,5	2007	7,1	16,19	9,09	8,46
N-Heptane,	6....	3287	72	2107	7,7	14,90	9,23	9,47
combustion complète	7....	3300	84	2034	7,4	15,86	9,82	10,08
(1,87 %).	8....	3318	97	1978	7,2	16,69	10,34	10,60

(²) Ces nombres multipliés par 10,34 donneraient le travail en kilogrammètres par litre de cylindrée.

(³) Gaz à l'eau, P. C_i = 2500 Cal/m³ (0,04 N^2, 0,44 CO, 0,47 H^2, 0,01 CH^4, 0,04 CO^2).
Gaz mixte, P. C_i = 1250 Cal/m³ (0,55 N^2, 0,31 CO, 0,09 H^2, 0,01 CH^4, 0,04 CO^2).

geables. Dans ces hypothèses, nous avons calculé la température absolue et la pression des gaz (en atmosphères) au début et à la fin des deuxième et troisième temps, et nous en avons déduit le travail absorbé par la compression ou produit par la détente, en utilisant les chaleurs spécifiques des gaz dont nous nous sommes déjà servi ([4]). Nous avons admis pour ce calcul des taux de compression (r) égaux respectivement à 6, 7 et 8 (en raison de l'autoinflammation de l'hydrogène et de l'heptane aux taux de compression élevés, nos chiffres théoriques n'ont qu'une valeur comparative).

Du point de vue travail par cylindrée, l'ammoniac se classe au-dessous de l'essence (heptane), du toluène et de l'oxyde de carbone, mais légèrement au-dessus du gaz à l'eau et de l'hydrogène, bien au-dessus du gaz mixte. Si l'on fait intervenir le poids du combustible, l'ammoniac est trois fois moins puissant que les carbures liquides, mais surpasse le gaz à l'eau, l'oxyde de carbone et le gaz mixte. Les efforts qu'il exerce sur le piston (P_1) le classent à égalité avec l'oxyde de carbone, au-dessous des carbures liquides, mais au-dessus de l'hydrogène, du gaz à l'eau et du gaz mixte; de plus, la température maxima des gaz (T_1) est assez basse, ainsi que la température à la fin de la détente motrice (T_2).

L'étude thermodynamique met en évidence l'emploi possible de l'ammoniac comme *carburant* de remplacement. On bénéficierait des avantages suivants : ininflammabilité dans les conditions habituelles (avantage sur tous les corps étudiés), faible toxicité et odeur décelant les fuites (avantage sur CO et les produits de gazéification du carbone), non-toxicité des produits de combustion, absence d'encrassement dans les cylindres et vraisemblablement possibilité d'un taux de compression élevé.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les confrontations de l'argent au platine et au nickel dans l'iodure de potassium aqueux, et leur aspect électrostatique.* Note de M[lle] **Suzanne Veil**, présentée par M. Jean Perrin.

Le contrôle à l'électromètre des confrontations électrolytiques de métaux, déjà pratiqué en quelques cas simples, est généralisable à tous systèmes d'électrodes et de bains pratiquement exempts de phénomènes

---

([4]) P. Montagne, *Calcul numérique des Équilibres chimiques en phase homogène*, Paris, 1934, p. 94. (Il a été tenu compte de la correction indiquée par la note 2, p. 96.)

chimiques. Il révèle, au sujet des bains utilisés, une variabilité de résultats dont on peut se proposer d'élucider les circonstances. En particulier, l'opposition à l'argent, dans l'iodure de potassium aqueux, du platine d'une part, du nickel d'autre part, fournit des données, concernant tant la valeur absolue des forces électromotrices développées que leur signe.

1° *Extension aux piles* Ag — IKaq — Pt *de la relation f. e. m.-concentration* (1), *établie dans le cas des piles* Cu — Cl^2Cu — Pt. — On pouvait tout d'abord se demander si la relation f. é. m.-concentration, établie dans le cas des piles Cu — Cl^2Cu — Pt, se rapportait exclusivement au fait que l'électrode opposée au platine était au contact de ses propres ions.

Or, précisément, l'expérience montre qu'une relation de même forme se trouve vérifiée pour les confrontations de l'argent et du platine dans l'iodure de potassium aqueux. Tandis que dans l'eau distillée des laboratoires, le couple Ag — Pt ne fournit qu'une f. e. m. de l'ordre de 1/10e de volt, cette f. e. m. est notoirement exaltable par la présence d'iodure de potassium dissous, et elle atteint, à la saturation, un maximum de l'ordre moyen de 0,73 volt, le pôle positif de toutes ces piles étant au platine. Comme antérieurement, et avec des notations identiques, il y a proportionnalité des expressions $\log[(E - E_{eau})/(E_\sigma - E_{eau})]$ et $\log c/\sigma$.

La relation ne concerne donc pas seulement les occurences de potentiel d'électrode à l'interface opposé au platine. Elle emprunterait une signification plus générale.

2° *Polarité mutuelle de l'argent et du nickel dans l'iodure de potassium aqueux et dans d'autres bains.* — Avec d'autres métaux que l'argent, confrontés au platine dans l'iodure de potassium aqueux, on constate encore, du fait de la présence du soluté, des exaltations de f. e. m. : exaltations cependant très inégales selon les électrodes envisagées, l'effet pour l'argent demeurant le plus marqué.

La non-identité des effets dans les différents cas soulève aussitôt, pour les confrontations électrolytiques de métaux, la question de l'invariance ou de la non-invariance de la polarité mutuelle de deux électrodes données dans des bains quelconques. A ce propos, l'examen comparé du couple nickel-argent dans l'iodure de potassium aqueux et dans d'autres solutions électrolytiques, conduit à conclure par la négative.

Tandis, en effet, que, dans le sulfate de nickel (Vigouroux) (2) ou

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1371.
(2) *Bull. Soc. Chim. France*, 4e série, 7, 1910, p. 622.

encore dans l'ammoniaque, l'argent joue le rôle de pôle positif à l'égard du nickel, il est au contraire pôle négatif à l'égard du même métal dans l'iodure de potassium en concentration suffisante. Dans l'iodure de potassium à saturation et dans l'ammoniaque du commerce, on obtient, avec des polarités inverses, des ordres moyens peu inférieurs au demi-volt.

Ces valeurs absolues sont suffisamment élevées pour que la non-invariance de la polarité mutuelle de l'argent et du nickel en milieu électrolytique soit dépourvue d'ambiguïté. De telles piles, à semi-conducteur unique, ne sauraient donc renseigner en rien quant au signe de l'effet Volta proprement dit des électrodes opposées.

OPTIQUE. — *L'influence des tensions sur la variation d'indice de réfraction d'un verre.* Note (¹) de M^me **Niuta Winter-Klein**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que l'indice de réfraction d'un verre dépend de son passé thermique (²). Pendant longtemps on attribuait les variations observées à des tensions mécaniques (tensions engendrées par la masse du verre lors d'un refroidissement rapide à cause de sa viscosité élevée et sa mauvaise conductibilité). On sait maintenant que le changement de la structure physicochimique du verre, son passage de l'état β en état α et inversement, joue en réalité un rôle bien plus important (³).

Dans la présente Note je me propose de mettre directement en évidence la part de variation d'indice qui revient à chacune des deux causes citées plus haut.

Mode opératoire. — Un plateau de verre d'un recuit fin sans tension (vérifié au comparateur à compression) à été débité en morceaux de $5 \times 5 \times 1^{mm}$ environ. Ces morceaux ont été placés dans un four électrique et chauffés avec une vitesse de 2 degrés par minute. De temps en temps on sortait du four quelques échantillons en les refroidissant rapidement dans l'air et l'on mesurait leur indice de réfraction à la température ambiante (par un réfractomètre de Pulfrich).

La figure 1 représente les courbes de cet indice en fonction des tempé-

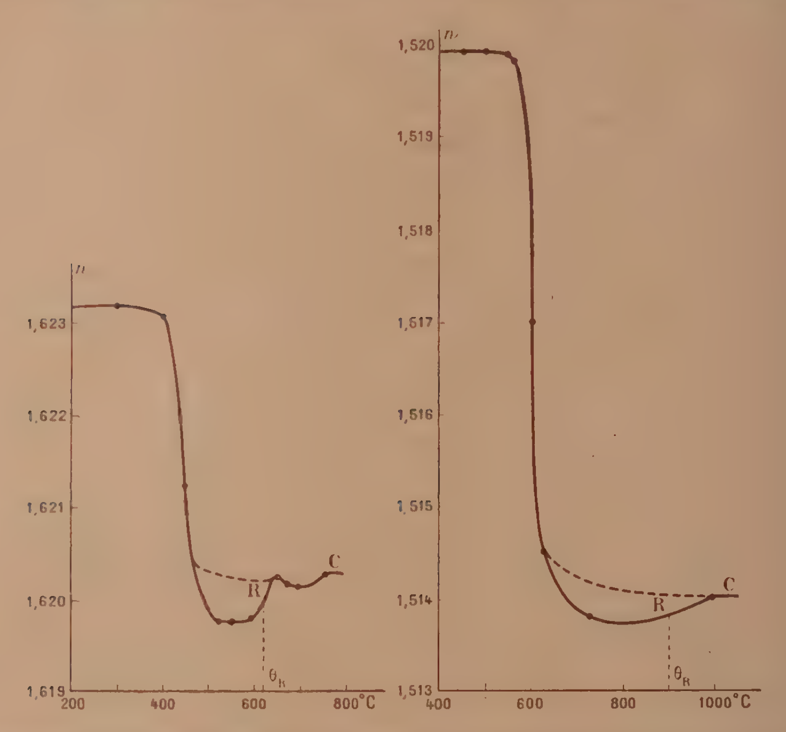
---

(¹) Séance du 23 mai 1938.

(²) Lebedeff, *Revue d'Optique*, 6, 1926, p. 1.

(³) Klein, *Revue d'Optique*, 15, 1935, p. 281; Winter-Klein, *Revue d'Optique*, 16, 1937, p. 361.

ratures de sortie des échantillons du four, tracées pour deux verres : un borosilicate-crown et un flint dense. Les tensions mécaniques ne pouvaient naître dans ces verres que si on les portait à une température θ_r supérieure à la température de ramollissement ([4]), et dans ce dernier cas, comme le



refroidissement dans notre mode opératoire est très brusque, elles devraient être très importantes.

D'un autre côté l'influence du passage du verre de α en β ne se manifeste qu'entre la température θ_α et θ_R ([5]). Comme ces deux températures sont inférieures à θ_R, le domaine de variation d'indice dû au changement d'état est entièrement séparé de celui dû aux tensions mécaniques. C'est ce qu'on

---

([4]) Williams et Adams, *Journ. of Frank. Inst.*, **190**, 1920, p. 619, vol. **216**, n° **1291-4**.

([5]) $\theta\alpha$ est la température au-dessous de laquelle l'état α est seul stable (partie horizontale supérieure des courbes de la figure 1); $\theta\beta$ la température au-dessus de laquelle l'état β est seul stable (partie horizontale inférieure des courbes de la figure 1).

voit clairement sur la figure 1. L'indice subit une première variation entre θ_α et θ_β. Il résulte de cela que les tensions mécaniques n'influent aucunement sur la forme de cette courbe relative à des températures inférieures à θ_R et au contraire ont leur pleine influence sur la partie de cette courbe relative à $\theta > \theta_R$.

Une seconde variation d'indice, correspondant au crochet de la courbe, se produit à partir de la température à laquelle le ramollissement est assez poussé. Elle est donc due aux tensions mécaniques.

Le sens de cette variation est contraire à celui que provoque le passage de α en β et sa valeur absolue n'est qu'une faible partie de cette dernière. On a, en effet,

Δn.	Flint.	Borosilicate.
Transformation.............	$3,8.10^{-3}$	$6,1.10^{-3}$
Tension.....................	5.10^{-4}	2.10^{-4}

On voit en même temps que, si l'on trace la courbe de recuit d'un verre non dépourvu de tensions, la variation d'indice entre α et β est en apparence diminuée puisqu'on mesure au lieu de Δn_{transf} la différence $\Delta n_{\text{transf}}-\Delta n_{\text{tens}}$ (courbe en pointillé sur la figure). Je souligne que ceci n'est possible qu'en partant d'un échantillon initialement en β, car je n'ai pas réussi à obtenir un échantillon en α possédant des tensions.

Il n'est pas possible d'observer le phénomène cité sur toutes les courbes de recuit, même en poussant la température assez loin, car, une fois la température de ramollissement dépassée, l'échantillon de dimension très petite prend la forme d'une goutte. Or, pour effectuer la mesure d'indice par la méthode employée, il faut deux surfaces polies. Vu les dimensions de l'échantillon, le polissage arrive souvent jusqu'au milieu de l'échantillon où le refroidissement était le plus lent et les tensions mécaniques sont très réduites et ne peuvent produire qu'une très faible variation d'indice au passage de θ_R.

Ceci prouve une fois de plus que cette variation est bien due aux tensions mécaniques. Car, si elle était provoquée par un retour partiel à l'état α, elle serait plus forte à l'endroit où le refroidissement a été le plus lent.

En outre il n'y aurait aucune raison pour que, la température augmentant, l'indice arrive à un palier inférieur à n_β.

PHOTOMÉTRIE PHOTOGRAPHIQUE. — *Méthode pour l'étude qualitative et quantitative des sources de radiations et des émulsions photographiques dans le domaine de l'ultraviolet.* Note de M. **Paul Gesteau**, présentée par M. Charles Fabry.

Lorsque nous réduisons un flux lumineux par un système de polariseurs, on a, d'après la loi de Malus, entre les intensités, I, l'intensité incidente et I_t l'intensité transmise, $I_t = I_i \cos^2\alpha$, α étant l'angle formé par les plans de section principale des polariseurs. D'autre part, pour produire le noircissement d'une émulsion photographique, il existe pour chaque émulsion une intensité minima, appelée seuil de l'émulsion, et que nous désignerons par I_0. Si nous utilisons un spectrographe muni d'un moteur produisant simultanément le déplacement de la plaque photographique et la rotation d'un polariseur, nous pouvons évaluer, d'après la longueur du noircissement produit par une radiation, l'angle de croisement amenant l'intensité incidente à la valeur I_0 correspondant au seuil de l'émulsion pour la radiation considérée. L'angle de rotation, et par suite la longueur de noircissement, sera d'autant plus grand que l'intensité de la radiation émise ou la sensibilité de l'émulsion pour cette radiation sera considérable. Si nous utilisons une même émulsion pour étudier comparativement deux sources A_1 et A_2 différentes, nous voyons que, pour une radiation déterminée, le seuil I_0 aura même valeur et sera atteint pour des angles de croisement α_1 et α_2 correspondant à des longueurs l_1 et l_2 comparables si les conditions expérimentales (fente, temps de pose et développement) sont identiques.

Si nous désignons par I_1 l'intensité de la radiation étudiée, émise par la source A_1, on a $I_0 = I_1 \cos^2\alpha_1$. De même, pour la source A_2, on a $I_0 = I_2 \cos^2\alpha_2$; d'où $I_1 \cos^2\alpha_1 = I_2 \cos^2\alpha_2$,

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\cos^2\alpha_2}{\cos^2\alpha_1} = \frac{\frac{1}{\cos^2\alpha_1}}{\frac{1}{\cos^2\alpha_2}} \quad \text{et} \quad \log\frac{I_1}{I_2} = \log\frac{1}{\cos^2\alpha_1} - \log\frac{1}{\cos^2\alpha_2}.$$

Ces deux dernières valeurs représentent les densités optiques d_1 et d_2 correspondant à des angles de croisement α_1 et α_2, d'où $\log(I_1/I_2) = d_1 - d_2$.

Supposons, d'autre part, que nous voulions comparer la sensibilité de deux émulsions pour une même radiation; nous impressionnerons ces

deux émulsions avec la même source dans des conditions expérimentales identiques (fente, temps de pose et développement).

Le noircissement obtenu sera d'autant plus long que la sensibilité de l'émulsion sera plus grande. Soient I_1 et I_2 les intensités correspondant aux seuils des émulsions et I l'intensité incidente. On a, si α_1 représente l'angle de croisement pour l'émulsion A_1 et α_2, celui nécessaire pour l'émulsion A_2.

On a $I_1 = I\cos^2\alpha_1$, $I_2 = I\cos^2\alpha_2$. Divisons membre à membre

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\cos^2\alpha_1}{\cos^2\alpha_2} \quad \text{et} \quad \log\frac{I_1}{I_2} = \log\frac{1}{\cos^2\alpha_2} - \log\frac{1}{\cos^2\alpha_1}.$$

Ces deux derniers termes représentent les densités d_2 et d_1 correspondant aux angles de croisement α_2 et α_1; on a $\log I_1/I_2 = d_2 - d_1$.

Nous avons réalisé un appareil comportant un spectrographe muni d'un système de deux prismes de Glan. Un moteur synchrone entraîne d'un mouvement uniforme la plaque dans une direction perpendiculaire au spectre et fait simultanément tourner le polariseur. La longueur de noircissement permet d'apprécier l'angle de croisement, et nous avons dressé des tables permettant de transformer immédiatement les longueurs de noircissement en densités optiques, de sorte que la mesure d'un rapport des intensités d'émission des deux sources ou des sensibilités de deux émulsions se réduit à deux mesures de longueurs qui permettent d'évaluer à l'aide d'une Table, les densités optiques dont la différence est égale au logarithme du rapport cherché.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption par réflexion de substances solides dans le visible et l'ultraviolet.* Note [1] de MM. **Maurice Billy** et **Alain Berton**, présentée par M. Jean Perrin.

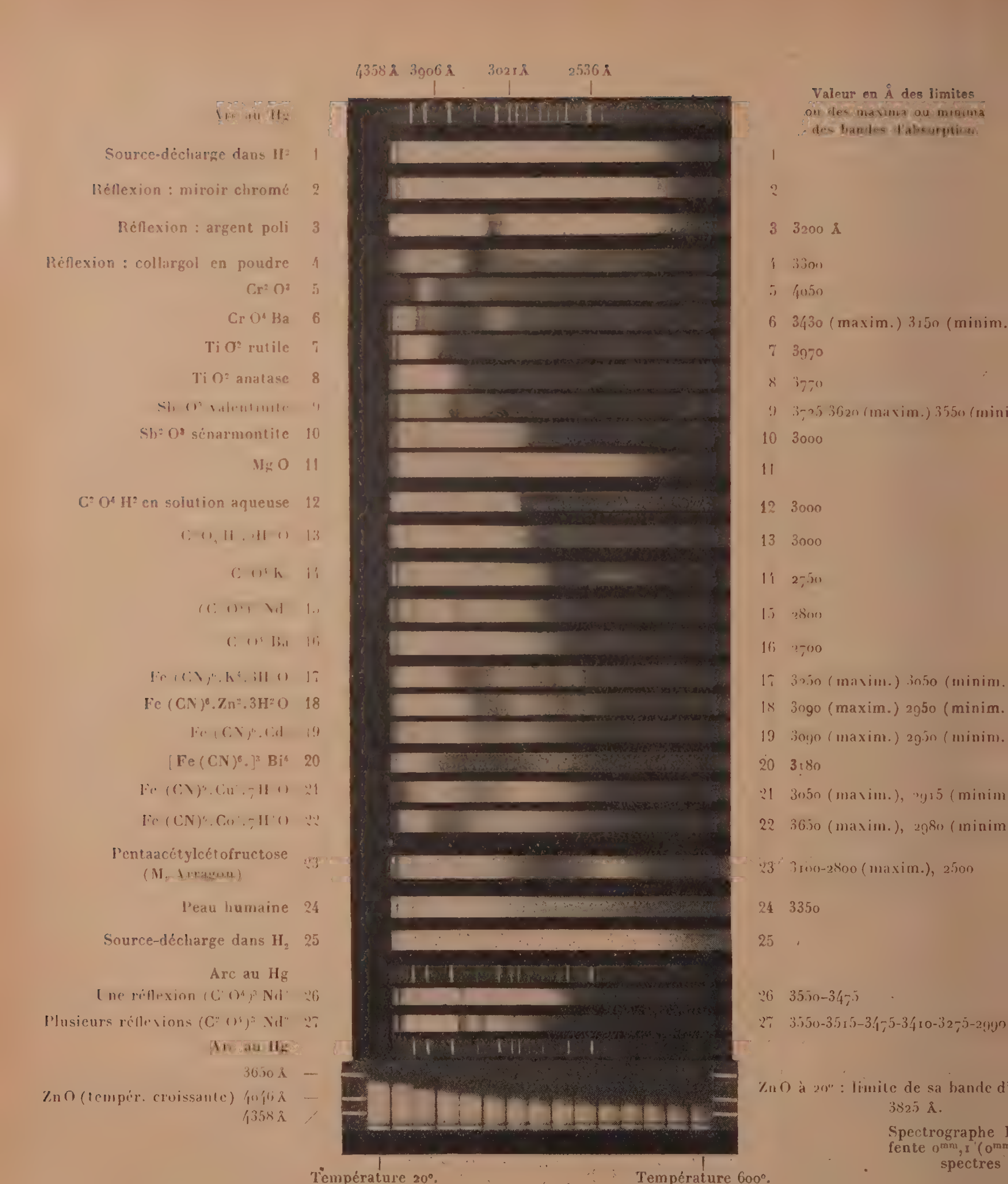
La méthode spectroscopique, si importante pour l'étude de la constitution moléculaire des liquides, peut être étendue à tous les corps solides, quels que soient leur opacité et leur état physique, si on analyse, par le spectrographe, la lumière réfléchie par la surface de la substance considérée.

L'étude de la lumière réfléchie par une surface solide distingue deux cas, selon que cette surface est *polie* ou *rugueuse*.

Dans le premier cas, le spectre obtenu, en analysant la lumière réfléchie,

---

(1) Séance du 23 mai 1938.



Spectres d'absorption par réflexion dans l'ultraviolet de substances en poudre.

est le spectre de réflexion pure, celui qu'on obtient par exemple en étudiant la lumière réfléchie par un miroir métallique ou par la surface d'un cristal, d'un verre ou d'un liquide. Les variations de pouvoir réflecteur avec la longueur d'onde sont en général faibles, sauf pour l'argent, qui présente un minimum très net de pouvoir réflecteur pour 3200 Å. Dans le cas d'une surface rugueuse, une partie de la lumière incidente se trouve réfléchie dans différentes directions ou, autrement dit, diffusée, par les multiples petits éléments de surface des particules qui composent la surface discontinue considérée. Une autre partie de la lumière incidente pénètre plus ou moins profondément à l'intérieur de la substance et ressort après réflexion sur les faces internes et externes des particules, ayant subi en route une absorption partielle par transmission. Le spectre obtenu est donc la superposition du spectre de réflexion pure et du spectre d'absorption par transmission. Dans le plus grand nombre de cas, le spectre de réflexion pure n'apporte qu'un fond continu très faible qui se superpose au spectre caractéristique d'absorption. L'augmentation du nombre de réflexions nous a permis d'obtenir des spectres d'une très grande netteté (sp. n^{os} 26 et 27). Si la substance étudiée est moyennement ou faiblement luminescente, les temps de pose relativement courts employés ne laissent pas au rayonnement de luminescence le temps d'impressionner la plaque photographique.

Du point de vue historique, les spectres de réflexion dans le visible et l'ultraviolet ont été principalement appliqués à l'étude du pouvoir réflecteur de métaux polis en vue de l'utilisation de ceux-ci comme miroirs et aussi à la détermination du pouvoir réflecteur de poudres entrant dans la composition de pigments, mais ils n'ont jamais été utilisés d'une façon systématique, en dehors de leur application à l'étude des composés de terres rares. Aussi, nous sommes-nous proposé d'étudier la valeur de cette méthode d'investigation en Chimie et d'en généraliser l'application.

Les spectres d'absorption par réflexion dans le visible et l'ultraviolet de substances à surface rugueuse présentent, en général, une bande continue d'absorption du côté des grandes fréquences. Pour les sels minéraux, cette bande est caractéristique du radical acide (sp. n^{os} 13-16); elle est plus ou moins modifiée par les radicaux basiques ou l'eau d'hydratation. Il peut s'y ajouter des bandes caractéristiques de l'élément basique. L'absorption est aussi caractéristique du radical complexe du composé considéré (sp. n^{os} 17-22) ou du radical chromophore pour les substances organiques (sp. n^{o} 23). Elle dépend aussi de la structure cristalline de la substance ou de son degré de condensation (sp. n^{os} 7-10).

En conclusion, les spectres d'absorption par réflexion dans le visible et

l'ultraviolet peuvent compléter utilement les autres méthodes d'investigation des corps solides, principalement celles des spectres de diffraction des rayons X. Nous avons appliqué avec succès la méthode des spectres de réflexion à l'examen de systèmes chimiques. Ces spectres peuvent aussi être appliqués à l'étude des degrés de polymérisation. En outre, la facilité de prendre des spectres de réflexion de substances solides portées à différentes températures nous a permis d'utiliser ces spectres pour l'étude de la déshydratation et pour tout changement physique ou chimique de substances solides, en fonction de la température.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres de bandes des iodures alcalino-terreux.* Note de M. Pierre Mesnage, présentée par M. Aimé Cotton.

Les bandes d'émission des iodures de calcium, strontium, baryum ont été obtenues au moyen d'une décharge de haute fréquence sans électrodes par un procédé semblable en principe à celui que j'ai appliqué à de nombreux sels [1], mais avec une technique perfectionnée.

Les bandes de CaI^2 et de SrI^2 se trouvent pour chacun des deux corps dans deux régions spectrales, le bleu et le rouge. Le deuxième groupe étant assez bien connu, pour CaI^2 tout au moins [2], je me suis borné à reprendre l'étude du premier, c'est-à-dire des bandes situées entre 4180 et 4380 Å pour CaI^2, 4250 et 4480 Å pour SrI^2, 5360 et 5610 Å pour BaI^2. Les premières mesures de ces bandes sont celles d'Olmsted [3] sur les spectres d'émission et de Walters et Barratt [4] sur les spectres d'absorption. La dispersion que j'ai utilisée (4 à 5 Å par millimètre) permet de résoudre les séquences très serrées qui apparaissaient aux auteurs précédents chacune comme une bande unique, et de fixer la position de chaque bande élémentaire avec une précision de 0,2 à 0,4 cm^{-1}.

Toutes ces bandes proviennent des molécules diatomiques CaI, SrI et BaI.

Les bandes de l'*iodure de calcium* sont réparties en séquences dégradées vers le rouge; elles forment un système unique qui comprend 38 bandes mesurées, et ses constantes sont, en cm^{-1},

---

(1) Mesnage, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2072.
(2) Hedfeld, *Zeitschrift für Physik*, 68, 1931, p. 610.
(3) *Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie*, 4, 1906, p. 255.
(4) *Proceedings of the Royal Society*, 118, 1928, p. 120.

ν_e.	ω'.	$x'\omega'$.	ω''.	$x''\omega''$.
23314,3	234,9	0,96	242,0	0,64

Chaque bande a deux arêtes et apparaît comme un petit doublet. Par contre, rien n'indique l'existence de deux systèmes séparés par une différence constante de fréquence.

Avec l'*iodure de strontium*, il existe bien deux systèmes :

	ν_e.	ω'.	$x'\omega'$.	ω''.	$x''\omega''$.
Système A (26 bandes).........	23226,0	168,6	0,50	173,9	0,42
Système B (40 bandes).........	22666,0	170,5	0,42	173,9	0,42

Ils ont le niveau inférieur en commun, mais les niveaux supérieurs ont des constantes de vibration qui, bien que voisines, présentent une différence nettement supérieure aux incertitudes de mesure, ce qui empêche de les considérer comme les deux membres d'un terme de doublets au sens ordinaire de ce mot. De plus les bandes du premier système sont doubles, semblables à celles de CaI, celles du second sont au contraires simples.

Avec l'*iodure de baryum*, on observe seulement les séquences $\nu' - \nu'' = 0$ de deux systèmes qui peuvent être regardés comme un doublet avec la séparation 755 cm^{-1}. Les origines ont pour fréquences 18568,6 et 17813,4 cm^{-1}; on ne peut pas calculer les fréquences de vibration des deux états, mais seulement leur différence $\omega' - \omega'' = 5,7$ cm^{-1}, ω' étant ici le plus grand parce que les séquences sont dégradées vers le violet.

Sur certains points, notamment sur les fréquences de vibration des états fondamentaux, ces résultats confirment en les précisant ceux qu'on avait pu tirer des données antérieures ; mais sur d'autres points ils s'en éloignent beaucoup : il semble, en effet, difficile d'admettre l'*unité de plan* des spectres des trois molécules, avec des termes de doublets dont l'intervalle croîtrait suivant une loi simple quand on passe de Ca à Ba (⁵).

SPECTROSCOPIE. — *Effet Zeeman d'une série anormale de l'argon.* Note de M. **Pierre Jacquinot**, présentée par M. Aimé Cotton.

La série $p^5 ns$ de l'argon présente d'importantes anomalies : seuls les deux premiers termes $4s$ et $5s$ sont convenablement interprétés par le

(⁵) Cf. Mecke, *Zeitschrift für Physik*, **42**, 1927, p. 417.

calcul des configurations du type $l^{n-1}s$ (Houston) (1). Le tableau I montre l'importance des écarts : les valeurs X et X′ du paramètre de Houston, calculées respectivement d'après l'écart des niveaux s_2-s_3 et s_4-s_5, devraient être égales entre elles pour chaque valeur de n. La classification est celle qui a été faite par Meissner (2) et qui est reproduite par les Tables. On remarque que les niveaux $7s_2$ et $8s_4$ y coïncident exactement; et comme ils ont le même j toutes leurs raies coïncident également. La valeur commune de ces deux termes est à peu près normale pour $7s_2$, mais tout à fait anormale pour $8s_4$: en effet la position relative de s_4 et s_5 se trouve ainsi être pour $n=8$ l'inverse de ce qu'elle est pour toutes les autres valeurs de n. La raison pour laquelle Meissner a attribué cette valeur aussi au niveau $8s_4$ n'est pas indiquée dans son mémoire; il serait peut-être plus simple de supposer que le niveau $8s_4$ est inconnu : on verra que l'effet Zeeman n'apporte pas de réponse décisive à cette question.

Tableau I.

n.	$s_2 - s_3$.	$s_4 - s_5$.	X.	X′.
4.......	846,2	606,8	−3,09	−3,11
5.......	110,5	177,9	−0,63	−0,62
6.......	64,7	77,1	−1,56	−0,25
7.......	9,23	48,3	−0,05	−0,12
8.......	18,5	− 21,0	−0,13	+0,07

J'ai étudié l'effet Zeeman des trois configurations $6s$, $7s$ et $8s$ sur les raies suivantes (avec indication de la combinaison) :

n.	s_2.	s_3.	s_4.	s_5.
6.......	6431,57 (p_8)		6384,72 (p_{10})	6416,31 (p_{10})
7.......	5054,18 (p_{10})	5056,53 (p_{10})	5439,97 (p_{10})	5451,66 (p_{10})
	5473,44 (p_8)			
8.......	5486,47 (p_4)	5492,06 (p_4)	5054,18 (p_{10})	5048,81 (p_{10})
			5473,44 (p_8)	5467,13 (p_8)

Les raies de $7s$ et $8s$ sont extrêmement faibles et j'ai dû faire appel à des dispositifs très lumineux pour obtenir leur effet Zeeman avec des temps de pose de 6 heures.

La source est un tube excité en haute fréquence et vu en bout, du modèle que j'ai décrit précédemment (3). Mais la longueur de la colonne lumineuse

---

(1) *Phys. Rev.*, **33**, 1929, p. 297.

(2) *Zeits. für Phys.*, **40**, 1927, p. 839.

(3) *Annales de Physique*, 11e série, **9**, 1938, p. 236.

a été portée à 20cm; le champ, donné par le grand électro-aimant de Bellevue, est de 35000 Gauss et est uniforme à mieux que 0,5 pour 100 sur toute la longueur utilisée.

Les raies [4] ont été photographiées avec le spectrographe à grand prisme liquide de A. Couder [5], dont le pouvoir de résolution théorique est de 90000 vers 5500 Å et de 130000 vers 5000 Å. La luminosité a été augmentée par l'emploi d'une fente longue de 8cm (qu'il est nécessaire de prendre courbe), et d'une lentille cylindrique réduisant la longueur des raies à 1cm.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de g mesurées : l'incertitude est de 1 pour 100. Sur ce tableau figurent également les valeurs g_{H} calculées d'après Houston avec les paramètres X du tableau I, ainsi que les sommes des g des niveaux s_2 et s_4; les niveaux $4s$ ont été étudiés par d'autres auteurs [6].

	s_2.		s_4.		s_5.		
n.	g.	g_{H}.	g.	g_{H}.	g_{H}.	Σg.	
4...........	1,10	1,101	1,40	1,399	1,50	2,50	
6...........	1,36	1,201	1,17	1,185	1,50	2,53	
7...........	1,29	1,330	1,15	1,176	1,49	2,44	4,99
8...........	1,26	1,324	1,29?	1,160	1,50	2,55	

On voit que les valeurs de g subissent des variations très irrégulières et qu'il n'y a aucun accord possible avec la théorie de Houston. La règle des sommes de g se trouve même en défaut, probablement pour $6s$, et certainement pour $7s$. Pour $8s$ il faudrait être sûr de l'attribution du niveau $8s_4$: je n'ai observé aucun dédoublement des composantes Zeeman sur la raie 5054, ce qui prouve que si $7s_2$ et $8s_4$ coïncident vraiment, leurs valeurs de g aussi sont exactement les mêmes. On peut remarquer d'ailleurs que $\Sigma g(7s)+\Sigma g(8s)=4,99$. La règle des sommes de g serait donc valable pour l'ensemble des deux configurations $7s$ et $8s$, comme s'il y avait entre elles une interaction, à laquelle pourrait être attribuée la fusion des deux niveaux $7s_2$ et $8s_4$. Cette hypothèse, *peu vraisemblable d'ailleurs*, serait en faveur de la classification de Meissner.

On a pu enfin mesurer un petit effet Paschen-Back entre $7s_2$ et $7s_3$. Les

---

(4) Les raies rouges ont été étudiées avec le réseau (IIe ordre).

(5) *Journ. de Phys.*, 8, 1937, p. 995.

(6) TERRIEN et DIJKSTRA, *Jour. de Phys.*, 5, 1934, p. 439; POGANY, *Zeits. für Phys.*, **93**, 1935, p. 364.

répulsions mesurées sont

$$\delta(7s_3)_{m=0} = 0,11\ \text{cm}^{-1}; \qquad \delta(7s_2)_{m=0} = 0,11\ \text{cm}^{-1}; \qquad \delta(7s_2)_{m=1} = 0,$$

en bon accord avec celles que l'on peut calculer (7) et qui sont respectivement 0,12, 0,12 et 0. Le même calcul donne un effet non mesurable entre $7s_4$ et $7s_5$: c'est effectivement ce que l'on trouve. La répulsion entre $8s_2$ et $8s_3$ n'a pu être mesurée avec certitude, la raie 5486 étant trop faible pour que toutes ses composantes soient mesurables.

SPECTROSCOPIE. — *Coefficients d'absorption de l'ozone dans la région des bandes de Chappuis.* Note de Mme **Arlette Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

J'ai indiqué (1) pour quelles raisons il était nécessaire de rendre homogènes les coefficients d'absorption de l'ozone dans la région des bandes de Chappuis avec ceux de la région des bandes de Huggins [valeurs de Ny Tsi-Zé et Choong Shin-Piaw (2)]. J'ai décrit également la méthode expérimentale employée dans ce but et donné les premiers résultats qui ont pu ainsi être utilisés en physique atmosphérique (3).

En procédant de la même façon et avec le même dispositif, je me suis proposé d'étendre les mesures du côté des grandes longueurs d'onde et d'augmenter la précision en répétant les expériences avec des quantités d'ozone différentes, de façon à travailler toujours dans la partie rectiligne des courbes de gradation et à ménager des recoupements. J'ai dû employer deux types de plaques : Ilford Special Rapid, qui convient particulièrement entre 6500 et 4000 Å; et Ilford Long Range Spectrum, convenable entre 8000 et 5500 Å.

Le tableau ci-contre résulte de 21 mesures portant sur 16 épaisseurs d'ozone différentes comprises entre 7 et 26cm; la température moyenne était de 18°C.

(7) *Loc. cit.*, p. 285.

(1) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1413.

(2) *Chinese Journ. Phys.*, 1, 1931, p. 1.

(3) Arnulf, Déjardin et Falcon, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1086; Tien Kiu, *Journal de Physique*, 1937, p. 32 et suiv.

L.	C.	L.	C.	L.	C.	L.	C.
4380...	0,0004	5102...	0,020	5812...	0,060	6544...	0,029
4410...	0,0006	5148...	0,021	5842...	0,058	6591...	0,0285
4440...	0,0012	5196...	0,024	5872...	0,0575	6634...	0,0255
4465...	0,0009	5245...	0,030	5903...	0,0585	6681...	0,023
4495...	0,0014	5296...	0,0345	5934...	0,0605	6727...	0,0205
4520...	0,0015	5349...	0,0375	5968...	0,0645	6777...	0,0185
4550...	0,0026	5405...	0,0385	6010...	0,068	6828...	0,017
4585...	0,0040	5461...	0,0425	6036...	0,0675	6876...	0,0155
4620...	0,0038	5487...	0,044	6075...	0,065	6925...	0,013
4660...	0,0033	5512...	0,0455	6108...	0,062	6981...	0,0115
4696...	0,0036	5538...	0,047	6143...	0,057	7036...	0,0105
4733...	0,0051	5564...	0,049	6180...	0,053	7089...	0,008
4770...	0,0080	5590...	0,051	6220...	0,050	7146...	0,007
4808...	0,0098	5617...	0,054	6256...	0,048	7207...	0,006
4847...	0,0090	5643...	0,0565	6293...	0,045	7264...	0,004
4888...	0,0092	5670...	0,0585	6335...	0,0425	7328...	0,0035
4928...	0,0107	5698...	0,0605	6376...	0,0395	7392...	0,003
4969...	0,0123	5733...	0,062	6418...	0,037	7453...	0,004
5012...	0,018	5754...	0,0625	6458...	0,034	7516...	0,003
5056...	0,021	5783...	0,0615	6500...	0,031	7585...	0,002

L, longueur d'onde; C, coefficient d'absorption.

RADIOCHIMIE. — *Action des gaz sur les réactions photogéniques accompagnant la thermolyse de l'azoture de sodium.* Note de MM. **René Audubert** et **J. Mattler**, présentée par M. Jean Perrin.

La thermolyse lente de l'azoture de sodium à l'air s'effectue, comme on l'a montré ([1]), par des processus intermédiaires dont certains peuvent émettre un rayonnement ultraviolet compris entre 2500 et 1900 Å.

Il était intéressant de voir si la nature du gaz exerçait une influence sur ces phénomènes. Nous avons à cet effet étudié ces réactions photogéniques au moyen d'un four à fenêtre de quartz, où l'on pouvait à volonté réaliser une circulation des gaz ou opérer en atmosphère confinée, dans l'azote, l'oxygène et l'hydrogène purifiés.

Le rayonnement émis au cours de la dissociation de l'azoture de sodium

([1]) R. Audubert et H. Muraour, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 431; R. Audubert, *J. Chim. Phys.*, 34, 1937, p. 405; *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1192.

était mesuré à l'aide d'un photocompteur à CuI ayant une sensibilité maximum située aux environs de 2350 Å ([2]), le montage étant analogue à celui qui a déjà été décrit ([3]).

Si l'on opère en vase clos, à différentes pressions, on constate, quelle que soit la nature du gaz dans lequel se produit la transformation, que l'émission lumineuse est nulle ou extrêmement faible. Nous avons, en outre, vérifié par le même dispositif que la dissociation dans le vide conduit au même résultat, fait qui peut être rapproché de ceux déjà signalés pour la réaction globale par Garner et Marke ([4]).

Par contre, si l'on effectue les mêmes expériences dans ces différents gaz, en réalisant une circulation dans le four, le rayonnement ultraviolet se manifeste avec une intensité très grande, qui diminue ou s'annule, avec l'arrêt du courant gazeux. On vérifie en outre que le nombre de photons émis est d'autant plus grand que la vitesse de circulation des gaz est elle-même plus élevée.

Étant donné l'absence de spécificité dans le rôle des gaz étudiés, ces faits suggèrent que l'influence de la circulation ne peut être rattachée à un phénomène chimique, mais doit être liée à l'entraînement d'une substance particulièrement volatile, capable par sa présence d'inhiber les processus photoémetteurs.

La décomposition de l'azoture s'accompagne de formation de sodium qui apparaît sous forme de germes, du moins dans une atmosphère non oxydante. En raison de sa grande tension de vapeur, aux températures de l'expérience, cet élément est facilement entraîné par les gaz en mouvement. Effectivement on constate que le sodium est dégagé à la sortie du four où il s'enflamme spontanément au contact de l'air.

L'étude spectrale de la thermolyse lente des azotures de sodium et d'argent montre que le rayonnement accompagnant ce phénomène est essentiellement caractérisé ([5]) par quatre bandes situées respectivement à 1975 Å, 2150 Å, 2300 Å et 2400 Å. Par ailleurs, on trouve dans le spectre d'activation électronique de la molécule d'azote des niveaux qui peuvent rendre compte de la position de ces bandes. Dans ces conditions la chimie

---

([2]) R. Audubert et J. Mattler, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1005.

([3]) R. Audubert, *J. de Phys. et Radium*, 7e série, 6, novembre 1935, p. 87.

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 657.

([5]) R. Audubert, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 133; 206, 1938, p. 748.

luminescence ultraviolette observée serait due au retour à l'état normal de molécules d'azote activées électroniquement; il faut ainsi admettre que la présence de germes de sodium provenant de la dissociation de la substance diminue la probabilité du transfert de l'énergie d'activation sous forme d'énergie lumineuse. Cette action d'inhibition du sodium doit être rapprochée de l'induction forcée qui, suivant F. Perrin, explique l'influence en solution d'un grand nombre de substances susceptibles sans action chimique de diminuer fortement le rendement d'une fluorescence. Comme tous ces composés, en effet, le sodium est très oxydable, c'est-à-dire est capable de perdre facilement un électron. Lorsqu'une molécule d'azote activé est libérée dans le voisinage d'un germe de sodium, l'énergie d'activation serait utilisée à l'arrachement de cet électron.

RAYONS X. — *Un nouveau type de diagrammes de rayons X.* Note de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Au cours d'une étude aux rayons X d'une série d'alliages d'aluminium et de cuivre (5 pour 100 de cuivre) faite en collaboration avec MM. Calvet et Jacquet, j'ai constaté que certains échantillons donnaient des diagrammes d'un type, qui, à ma connaissance, n'a pas encore été signalé. Ces échantillons sont constitués par un agrégat de gros cristaux de solution solide Al-Cu sursaturée, car le microscope n'y décèle pas ou très peu de précipité. Le rayonnement utilisé est rendu monochromatique par réflexion sur un cristal (raie Cu$K\alpha$) (¹). Il apparaît donc sur le diagramme de rares taches provenant de réflexions sur des plans réticulaires des gros cristaux convenablement orientés. Mais, en outre, du centre partent un certain nombre de traînées étroites et assez floues; leur intensité est faible : il faut au moins une heure de pose pour les faire apparaître, alors que quelques secondes suffisent pour les taches normales; de plus, leur nombre, leur direction et leur aspect varient avec le point de l'échantillon étudié et son orientation. Les traînées les plus courtes sont symétriques par rapport à l'origine et s'effacent pour un angle de diffraction de quelques degrés; d'autres s'allongent d'un côté, l'intensité alors décroît à partir de l'origine pour se renforcer à l'extrémité de la traînée, et ce maximum est d'autant plus net que la traînée est plus longue. Enfin, la traînée peut com-

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1115.

plètement disparaître en son milieu, et il ne subsiste plus qu'une tache allongée suivant un rayon dont l'intensité est faible quand elle est éloignée : on n'en voit plus à partir d'un angle de l'ordre de 35°.

Le rayonnement X étant monochromatique, on ne peut assimiler ces phénomènes à ceux assez analogues qui proviennent de la présence de fond continu dans la radiation primaire.

En réglant convenablement l'orientation de l'échantillon, on peut (le faisceau incident étant horizontal) amener une des traînées à être horizontale et symétrique par rapport à l'origine. Si, à partir de cette position, on fait tourner l'échantillon de petits angles autour d'un axe vertical, on constate que la traînée s'allonge et présente un maximum de plus en plus net, *qui tourne d'un angle exactement double de celui dont a tourné l'échantillon :* ce qui conduit à attribuer la production de ce maximum à une réflexion sur certains éléments plans, réflexion qui a lieu quelle que soit l'incidence. Ces éléments plans sont *parallèles aux plans* 100 *d'un cristal d'aluminium :* en effet, on voit sur l'un des clichés se superposer au maximun de la traînée une tache fine provenant de la réflexion des rayons X sur des plans 100 d'un cristal d'aluminium.

Supposons que les atomes de cuivre soient, au moins en partie, rassemblés en petits amas plans d'épaisseur très faible, ces amas étant distribués de façon irrégulière au sein d'un cristal de solution solide, mais parallèlement entre eux. Soit un rayon de longueur d'onde λ faisant un angle α avec une de ces plaquettes supposée uniformément garnie d'atomes et cherchons l'intensité diffractée. Le calcul conduit aux résultats suivants : 1° l'intensité est à peu près nulle, sauf au voisinage immédiat du plan d'incidence; 2° dans ce plan, elle présente deux maxima, l'un pour la direction incidente, l'autre pour la direction des rayons réfléchis; 3° si les dimensions du plan diffractant sont petites, ces maxima sont très étalés, donc pour les faibles valeurs de α, l'intensité garde entre les maxima une valeur considérable, puis quand α croît, les maxima deviennent plus nets pour se séparer complètement ensuite (cela se produit pour $\alpha = 9°$ si la longueur de la plaquette est 100λ); 4° si la plaquette a une épaisseur de l'ordre de quelques longueurs d'onde, l'intensité du maximum décroît vite avec α; 5° un grand nombre de telles plaquettes, disposées parallèlement entre elles mais de façon irrégulière, donne lieu aux mêmes courbes d'intensité; l'intensité est simplement proportionnelle à leur nombre. On voit donc que, pour les diverses valeurs de α, on retrouve les aspects des différentes traînées observées.

On peut déduire du diagramme les dimensions de ces amas élémentaires

d'atomes. Elles varient suivant le traitement thermique subi par l'alliage. Pour un des échantillons expérimentés, on a trouvé un diamètre de l'ordre de 150 Å et une épaisseur de 3 à 4 Å. L'amas a donc des dimensions suffisantes pour contenir un grand nombre d'atomes de cuivre, ce qui explique que le rayonnement réfléchi puisse avoir une intensité observable.

Signalons enfin que l'hypothèse que nous avons faite avait été émise par de nombreux métallurgistes à propos de ces alliages : les diagrammes décrits dans cette Note en apportent une confirmation expérimentale directe et permettent en outre de préciser la forme, les dimensions et l'orientation de ces amas d'atomes étrangers au sein d'un cristal.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la nature du radioélément de période 3,5 heures formé dans l'uranium irradié par les neutrons.* Note de M^me **Irène Curie** et M. **Paul Savitch**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré [1] qu'il se forme dans l'uranium irradié par les neutrons un radioélément de période 3,5 heures dont les propriétés chimiques sont semblables à celles des terres rares. Nous la désignerons ci-dessous par la notation $R_{3,5h}$.

Nous avons étudié à l'appareil Wilson le rayonnement de $R_{3,5h}$. Il résulte de ces expériences, qui seront publiées prochainement (en collaboration avec M. Da Silva), que le rayonnement est constitué en majeure partie d'électrons négatifs, mais avec quelque pour cent d'électrons positifs. Il s'agit peut-être d'une matérialisation interne, particulièrement intense, d'un rayonnement γ.

Rappelons que $R_{3,5h}$ ne précipite pas par H^2S en solution acide; il précipite par NH^3, par le carbonate d'ammoniaque, par l'acide oxalique.

Nos récentes expériences montrent qu'en solution faiblement acide, il précipite par HF et ne précipite pas par H^2O^2. En solution neutre il précipite, avec du lanthane comme entraîneur, par une solution saturée de sulfate de potassium ou de sodium. Toutes ces propriétés le rapprochent des terres cériques et de l'actinium.

Nous avons voulu savoir s'il s'agit ou non d'un isotope de l'actinium.

Pour cela, nous avons fait subir à ce radioélément (que nous extrayons de l'uranium en utilisant du lanthane comme entraîneur) un fractionne-

---

[1] *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 906.

ment semblable à celui qui a servi à Marie Curie pour la concentration de l'activité du lanthane actinifère. Cette opération consiste en une précipitation fractionnée des oxalates en solution nitrique. L'actinium se concentre très fortement en queue par rapport au lanthane.

Nous avons effectué une précipitation de ce genre sur La + $R_{3,5h}$, puis nous avons répété l'expérience sur La + $R_{3,5h}$ + Ac; l'actinium, étant introduit sous forme d'une faible préparation de lanthane actinifère privée de RAc et AcX, reste presque inactif pendant 2 jours. On mesure la décroissance de $R_{3,5h}$ dans la tête et la queue de fractionnement tout de suite après l'opération, et l'accumulation du dépôt actif de Ac par l'intermédiaire de RAc et AcX décèle au bout de quelques jours la présence de l'actinium. $R_{3,5h}$ se sépare nettement de Ac, allant en tête de fractionnement, alors que Ac va en queue.

Il semble donc que ce corps ne puisse être qu'un élément transuranien possédant des propriétés très différentes de celles des autres éléments transuraniens connus, hypothèse qui soulève des difficultés d'interprétation.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la préparation de couches minces de thorium et d'actinium par électrolyse dans l'alcool éthylique.* Note de M^me^ S. **Cotelle** et M. **Moïse Haïssinsky**, présentée par M. Jean Perrin.

La forme chimique des sources radioactives est généralement sans intérêt pour les recherches physiques auxquelles elles sont destinées. Il importe plutôt qu'elles se présentent sous forme de couches minces bien adhérentes au support et d'une répartition homogène. Les méthodes électrolytiques, lorsqu'elles sont possibles, sont souvent les plus appropriées pour ces préparations. Le but de la présente Note est de décrire les conditions qui permettent d'obtenir des couches électrolytiques satisfaisantes du thorium et de l'actinium en utilisant l'alcool éthylique comme solvant [1].

Thorium. — Nous avons opéré, soit avec le nitrate, soit avec le chlorure de thorium ou de thorium-ionium à 7 pour 100 de Io. Il est préférable d'utiliser le nitrate qui se dissout plus facilement dans l'alcool après avoir été porté à sec au bain-marie ou dans le vide en présence d'un desséchant.

---

[1] Ce travail a été commencé dès l'année 1934 par l'un de nous en collaboration avec M. O. d'Agostino, puis interrompu. L'électrolyse de solutions alcooliques de Th a été étudiée entre temps par MM. Atanasiu et Babor (*Bull. Chim.*, Roumanie, **38**, 1936, p. 83) et par Dussik (d'après Schintlmeister, *Wien. Ber.*, **146**, 1937, p. 371).

L'électrolyse de ces solutions, entre électrodes de platine, conduit à la formation de couches cathodiques blanches, constituées, très probablement, par un mélange d'hydroxyde de Th et de composés formés par celui-ci avec les produits de la décomposition électrolytique du solvant [2]. L'épaisseur du dépôt dépend des facteurs habituels : concentration, densité du courant, temps. Avec une solution contenant de 3 à 5^{mg} de sel par centimètre cube et un courant de 1 à 2 milliamp/cm^2, on obtient après 2 ou 3 minutes des couches à peine visibles ou qui donnent des couleurs d'interférence.

En augmentant la concentration, la densité du courant et surtout la durée de l'électrolyse, l'épaisseur des couches augmente graduellement, mais l'adhérence devient mauvaise lorsque celle-là dépasse quelques dixièmes de mg/cm^2. L'utilisation d'une forte densité de courant accompagnée d'un dégagement gazeux visible et l'agitation de la solution sont défavorables à l'adhérence. Celle-ci est, par contre, améliorée par addition de 15 à 25 pour 100 d'acétone. La formation du dépôt est indépendante de la nature de la cathode, mais l'adhérence sur Ag paraît être meilleure que sur d'autres métaux. Si l'on utilise une cathode de Pt et si le dépôt est très mince, il est bon de le calciner légèrement; le dépôt se transforme en ThO^2 et adhère beaucoup mieux au support. Nous avons toujours utilisé l'alcool éthylique dit absolu, mais nous avons constaté que la présence de traces ou même de quelque pour cent d'eau est favorable au dépôt.

La répartition homogène du dépôt dépend surtout des soins qu'on prend pour obtenir une surface cathodique très propre et bien uniforme. Pour vérifier le degré d'homogénéité, nous avons préparé un dépôt électrolytique de Th-Io dont le pouvoir ionisant dans une chambre à ionisation totale correspondait à 0,7 u. e. s., et nous l'avons couvert d'une lame épaisse de Pb ayant au centre un orifice à travers lequel pouvait passer seulement une faible fraction de l'activité α du dépôt. En déplaçant la lame de manière à mesurer l'activité en divers endroits, nous avons constaté que si l'orifice ne laissait passer que 1 pour 100 environ de l'activité totale, l'activité mesurée peut varier du simple au double; avec un orifice permettant le passage de 3 pour 100 de l'activité totale, les variations ne sont que de l'ordre de 15 pour 100, et encore, ce défaut d'homogénéité est dû surtout aux irrégularités du dépôt aux bords de la cathode, la distribution de l'activité dans la partie centrale étant bien plus uniforme.

---

(2) Cf. Atanasiu et Babor, *loc. cit.*

Actinium. — Nous avons électrolysé des solutions alcooliques de mésothorium-2, isotope d'actinium, en présence de La, son homologue et support habituel. Ces solutions ont été obtenues par addition de quelques milligrammes de nitrate de La à une solution aqueuse des nitrates de Ba + MsTh, évaporation à sec et reprise du résidu avec l'alcool absolu; seuls les nitrates de La + MsTh2 passent en solution. Les conditions optima pour la préparation des couches minces sont ici analogues à celles qui ont été établies pour le thorium : 2 à 5^{mg} de sel par centimètre cube, alcool à 15 ou 25 pour 100 d'acétone, 1 à 2 milliamp/cm^2, cathode d'Ag, quelques minutes d'électrolyse. Les quantités relatives de La et de MsTh2 déposées sont sensiblement les mêmes : il n'y a donc pas de fractionnement appréciable.

Nous avons essayé d'électrolyser le mésothorium-2 sans lanthane en substituant le nitrate de Na à celui de La dans la séparation MsTh2/MsTh1. Bien que le rendement de cette opération soit assez faible, nous avons pu déposer ainsi du mésothorium-2 sans matière pondérable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la conductibilité thermique des carbures gazeux et la polarisation atomique*. Note de M. **René Delaplace**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons montré : 1° que pour des pressions comprises entre 1 et 150 baryes, les carbures gazeux saturés et les carbures éthyléniques vrais présentent des conductibilités thermiques qui se classent dans l'ordre croissant des poids moléculaires; 2° que pour les isomères, les conductibilités thermiques sont différentes, quoique voisines; 3° que pour des pressions comprises entre 1 et 50 baryes, l'hydrogène a une conductibilité thermique plus faible que celles des carbures saturés et des carbures éthyléniques.

Nous avions remarqué, au cours de ces mesures, que pour les carbures saturés, l'isobutane était thermiquement plus conducteur que le butane, alors que l'isobutylène est thermiquement moins conducteur que l'α-butylène. Ce fait nous avait surpris, parce que nous pouvions espérer que les isocarbures se placeraient dans le même ordre avant ou après le carbure normal correspondant. La précision de nos expériences et la pureté des gaz employés ne nous permettaient pas d'admettre que ces interversions

étaient fortuites. Nous avons alors cherché quels facteurs de structure moléculaire pouvaient intervenir pour expliquer ce phénomène.

On sait que, si l'on mesure les constantes diélectriques des gaz, on peut calculer, à partir du résultat obtenu, la somme de la polarisation électronique moléculaire et de la polarisation atomique $P_E + P_A$.

D'autre part la polarisation électronique se calcule aisément au moyen de la formule de Lorentz-Lorenz si l'on connaît par les mesures d'indice de réfraction la dispersion des gaz étudiés.

Le tableau suivant résume les dernières données expérimentales précises obtenues pour les gaz que nous étudions (¹) :

Gaz.	$P_A + P_E$.	P_A.	P_E.
Hydrogène	2,05	0,015	2,035
Méthane	6,53	0,08	6,45
Éthane	11,16	0,09	11,07
Propane	16,04	0,29	15,73
Butane normal	20,65	0,45	20,20
Isobutane	20,88	0,70	20,18
Éthylène	10,73	0,39	10,34
Propylène	15,90	0,67	15,23
Isobutylène	20,91	1,06	19,85
α-butylène	21,48	1,74	19,74

L'examen de ces résultats montre que le classement des hydrocarbures donné dans nos travaux par les mesures des conductibilités thermiques correspond exactement à celui du tableau ci-dessus pour les mesures de la polarisation atomique. C'est-à-dire que, pour la série des carbures saturés, le butane normal se place avant l'isobutane alors que, pour la série des carbures éthyléniques, l'isobutylène se place avant le butylène α.

La polarisation atomique représente l'effet dû aux mouvements de vibration des atomes dans la molécule, nous confirmons ainsi notre hypothèse que, dans les conditions de pression étudiées et indépendamment du poids moléculaire et de la chaleur spécifique à volume constant, la structure *dynamique* de l'édifice moléculaire intervient dans les échanges thermiques entre les molécules et les parois.

(¹) H. E. WATSON et K. L. RAMASWAMY, *Proc. R. Society of London*, 156, 1936, p. 144-157.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la valeur de la pression sur la vitesse de propagation sous pression constante, en régime uniforme, de la flamme dans les mélanges avec l'air du propane et du gaz de ville.* Note de MM. GUSTAVE RIBAUD et HUBERT GAUDRY, présentée par M. Aimé Cotton.

L'appareil utilisé comporte un tube en verre pyrex de 9^{mm} de diamètre intérieur et de 1^{m} de longueur. Dans ce tube, les mélanges peuvent être emmagasinés sous des pressions connues atteignant une dizaine de kg/cm².

Un instant avant l'inflammation le tube est mis en communication, par l'intermédiaire d'un robinet de large section, avec un récipient de 30 litres contenant de l'azote sous la même pression que celle du mélange combustible et la flamme, produite par une étincelle électrique, se propage du robinet de jonction vers le fond du tube. Le parcours du front de flamme est photographié selon la méthode de Mallard et Le Chatelier. Un moteur synchrone muni d'un jeu d'engrenages assure au tambour enregistreur une vitesse de rotation parfaitement connue et constante. La photographie ne porte que sur le premier tiers du tube, longueur suffisante dans tous les cas pour enregistrer la phase de mouvement uniforme.

Les valeurs obtenues pour les mélanges propane-air sont rassemblées dans le tableau suivant.

Mélanges propane-air (Vitesse de propagation en cm/sec; tube de 0^{cm},9).

P. absolue en kg/cm².	Propane %. 3.	4.	4,5.	5.	6.
1.....	22,5-22,5	50,5-49,5	54-52	49-52	38-34
2.....	23 -21	48,5-48,5	56-52	52-52	26/38-25/34
3.....	23,5-25,5	47 -45,5	54-54	52-52	30
4.....	20,5-22,5	47 -48	51-49	52-52	28-31
5.....	22,5-22,5	39 -43	49-54	47	27-26
6.....	21,5	28 -31	46-43	48-50	22-29
7.....	20	33 -33	44-47	42-47	22,5
8.....	17 -14	30 -31	35-41	45	31-44
9.....		26 -23	26-20	35-33	
10.....		21		29	
11.....				19,5	

Le mélange à 6 pour 100 donne des vitesses assez inconstantes attribuables à des déformations du front de flamme au cours de la combustion.

Ces résultats montrent que l'influence d'une augmentation de pression

est de diminuer la vitesse de propagation. D'autres expériences sont en cours sur des mélanges dilués d'argon ou utilisant de l'air enrichi en oxygène. Le même appareil a servi à l'étude des mélanges Gaz de ville + Air. Nous avons opéré sur le mélange à 20 pour 100 de gaz qui fournit une vitesse de propagation voisine de la vitesse maximum et dont la combustion est suffisamment actinique pour permettre de bons enregistrements.

Les résultats obtenus sont beaucoup moins nets que pour le propane, la vitesse étant beaucoup moins constante d'un essai à l'autre. Le front de flamme est soumis à un mouvement vibratoire de très faible amplitude qui se traduit par un aspect finement denticulé sur les enregistrements.

Néanmoins, l'examen d'une quarantaine d'enregistrements correspondant à des pressions variant de 1 à 11^{kg} absolus montre que la vitesse ne doit pas, dans ces limites, varier de plus de 20 pour 100. Elle demeure de l'ordre de 1 m/sec.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la déshydratation du sulfate double de nickel et de potassium.* Note de M^{me} **Nathalie Demassieux** et de M. **Basile Federoff**, transmise par M. Georges Urbain.

Poursuivant nos recherches sur les sulfates doubles des métaux de la série magnésienne [1], nous avons étudié leur déshydratation à des températures régulièrement croissantes.

Nous avons également fait les diagrammes de diffraction de rayons X aux différentes températures. La présente Note est relative au sel simple $SO^4Ni, 7H^2O$ et au sel double $(SO^4)^2NiK^2, 6H^2O$.

Le sel simple a été recristallisé plusieurs fois. A la température ordinaire il contient 6,6 H^2O. La déshydratation (voir la figure) commence dès la température ordinaire et se poursuit lentement jusqu'à 65°. Entre 65 et 85° on observe un palier correspondant à l'hydrate à 6H^2O. Entre 200 et 250° on a l'hydrate à 1 H^2O. Enfin vers 350° la déshydratation est totale.

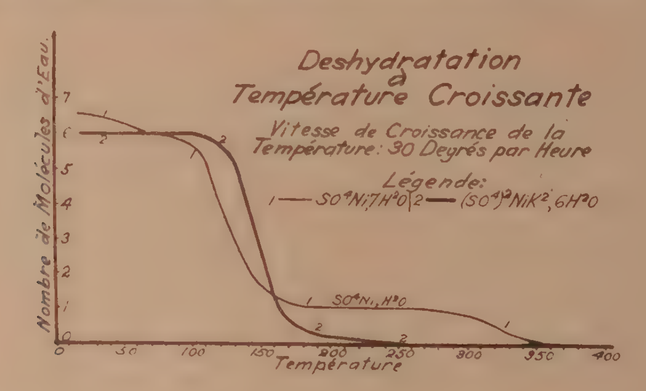
Entre les températures de 90° et 200°, les raies des diagrammes s'estompent et finissent par disparaître. C'est seulement au-dessus de 200° qu'apparaissent les raies caractérisant SO^4Ni, H^2O. Au-dessus de 300° on observe le diagramme du sel anhydre. Quand on expose le sel préala-

---

(1) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 457.

blement déshydraté à l'air, le sel reprend de l'eau. Son diagramme de rayons X est différent des diagrammes du sel initial et peut s'identifier avec celui du sel $SO^4Ni, 6H^2O$ ([2]).

Sel double. — La déshydratation commence vers 105°, se poursuit lentement vers 130°, s'accélère et ralentit de nouveau vers 165°. A 250° la



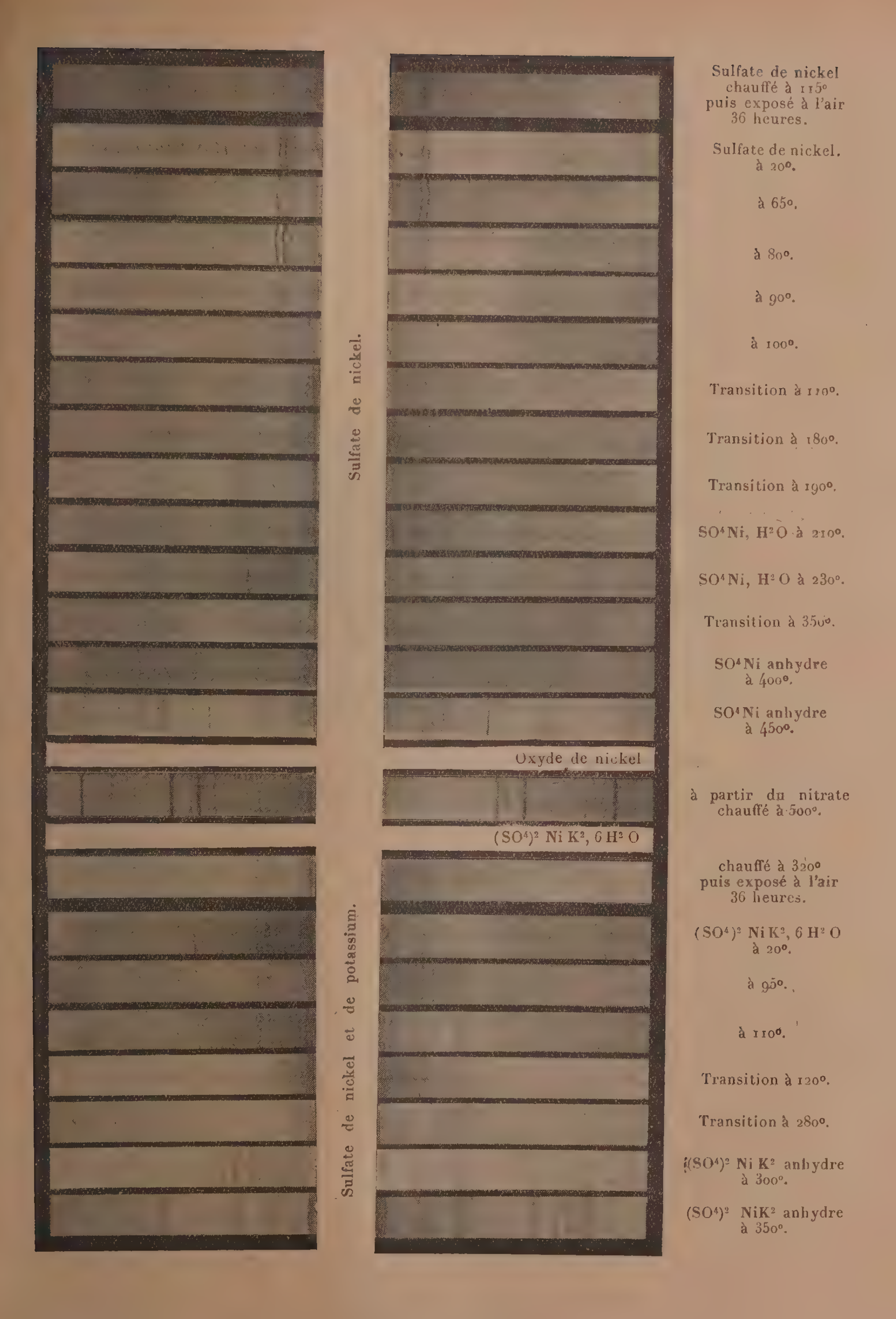
totalité de l'eau est partie, il reste le sel anhydre. Le sulfate double de nickel et de potassium semble se comporter différemment des autres sulfates doubles de la série magnésienne : ceux-ci donnent un palier correspondant à l'hydrate à $2H^2O$.

Les diagrammes de diffraction de rayons X se maintiennent sans changement entre 20 et 110°. Au-dessus de 110° les raies de diffraction disparaissent; ce n'est que vers 280° qu'on observe un halo qui se résorbe en lignes floues, les raies deviennent nettes pour les températures plus élevées. C'est le diagramme du sel anhydre. Ce diagramme est différent de ceux de SO^4Ni et de SO^4K^2. Le sel double déshydraté exposé à l'air, reprend l'eau et donne un diagramme identique au diagramme de départ.

Nous avons cru important de faire la remarque relative au fait qu'un sel déshydraté ou partiellement déshydraté peut se présenter sous un état d'irrégularité particulier caractérisé par l'absence totale d'un diagramme de diffraction, cet état a déjà été signalé par Prins ([3]) sous le nom d'état *cahotique*.

([2]) C. A. Beevers et H. Lipson, *Zeits. f. Krist.*, 83, 1932, p. 123-135.

([3]) *Trans. Far. Soc.*, 33, 1937, p. 110 et 114.


Sulfate de nickel.
Oxyde de nickel
$(SO^4)^2$ Ni K^2, 6 H^2 O
Sulfate de nickel et de potassium.
Sulfate de nickel chauffé à 115° puis exposé à l'air 36 heures.
Sulfate de nickel. à 20°.
à 65°.
à 80°.
à 90°.
à 100°.
Transition à 110°.
Transition à 180°.
Transition à 190°.
SO^4Ni, H^2O à 210°.
SO^4Ni, H^2O à 230°.
Transition à 350°.
SO^4Ni anhydre à 400°.
SO^4Ni anhydre à 450°.
à partir du nitrate chauffé à 500°.
chauffé à 320° puis exposé à l'air 36 heures.
$(SO^4)^2$ Ni K^2, 6 H^2 O à 20°.
à 95°.
à 110°.
Transition à 120°.
Transition à 280°.
$(SO^4)^2$ Ni K^2 anhydre à 300°.
$(SO^4)^2$ NiK^2 anhydre à 350°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la stéréoisomérie des cobaltitrinitrotriammines.* Note de Mme **Raymonde Duval**, transmise par M. Georges Urbain.

On sait que la cobaltitrinitrotriammine $[Co(NO^2)^3(NH^3)^3]$ est un non-électrolyte représenté par un octaèdre dont le cobalt occupe le centre, les trois groupes NO^2 et les trois molécules d'ammoniac étant disposés aux six sommets. Il y a alors deux façons différentes de faire cette distribution, suivant que les groupes NO^2 sont aux sommets d'une face ou aux sommets d'un triangle isoscèle admettant un axe quaternaire comme base. Le complexe étudié doit donc se présenter sous deux formes dérivées de l'isomérie *cis-trans*, cas d'isomérie que nous avons essayé de vérifier.

L'ammine a été préparée par cinq voies différentes :

1° Par la méthode indirecte de Jörgensen (¹) utilisant le cobaltidiammonionitrite d'ammonium (tables orthorhombiques); 2° par la méthode de Werner (²) (aiguilles brunes d'un 1/2cm de long); par la méthode directe de Jörgensen (³) (plaques hexagonales par recristallisation dans l'eau acétique); 4° par la méthode précédente, mais le sel est recristallisé dans l'eau, à 15°; 5° par la méthode de Cl. Duval (⁴) (aiguilles fines jaune clair disposées en houppes). Cette dernière méthode a été modifiée ainsi : la solution brune, obtenue en suivant les prescriptions du mémoire, à l'aide de 20g d'acétate cobalteux, est chauffée au bain-marie bouillant pendant une heure et demie tout en ajoutant progressivement 30g de carbonate d'ammonium. Le précipité formé est filtré après 18 heures de repos, puis lavé avec l'alcool et l'éther. On l'épuise alors avec 250cm³ d'eau, à 15°, pour enlever le nitrite de *cis*-cobaltidinitrotétrammine formé simultanément. Le résidu est soumis à la recristallisation dans l'eau, à 80-85°, ce qui fournit 5g du complexe cherché.

A. Les cinq échantillons, en solution aqueuse N/256 et N/10000, donnent des spectres d'absorption identiques dans l'ultraviolet, c'est-à-dire deux bandes ayant leur maximum d'absorption vers 2500 et 3450 Å.

B. Les cinq solutions de même concentration, comparées deux à deux, dans le colorimètre Duboscq, ne présentent aucune différence appréciable dans la région visible.

C. Une molécule-gramme de chaque variété dissoute dans 256 litres d'eau, présente le même indice de réfraction, soit 1,3341 à 14°. Les

(¹) *Zeits. anorg. Chem.*, **7**, 1894, p. 308.
(²) *Zeits. anorg. Chem.*, **15**, 1897, p. 166.
(³) *Zeits. anorg. Chem.*, **17**, 1898, p. 475 et 477.
(⁴) *Thèse*, Paris, 1927, p. 35.

mesures ont été faites avec le réfractomètre Féry éclairé par une lampe à vapeur de sodium.

D. La conductibilité moléculaire a été déterminée à 20°, pour $v = 256$ et pour les solutions de même âge (préparées depuis trois heures); on a trouvé :

Λ_{20}	15,9	13,9	17,0	13,0	14,0 ohms^{-1}

Ces nombres sont identiques, en raison de la précision offerte par un pont de Kohlrausch. Ces quatre essais montrent que l'isomérie supposée n'apparaît pas en solution aqueuse, ce qui nous a dispensé d'effectuer un spectre

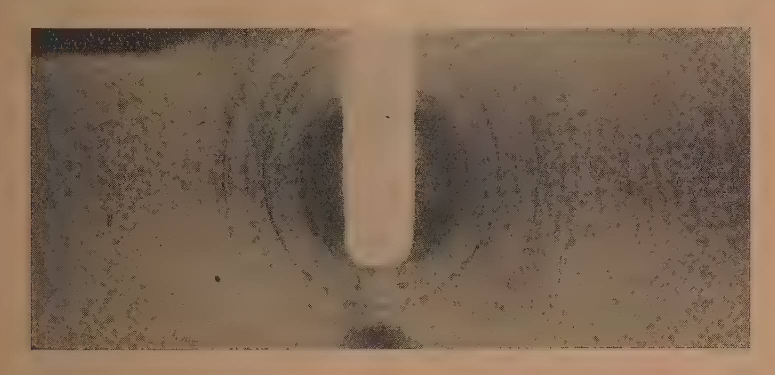


Fig. 1.

Raman; d'ailleurs les solutions ne sont pas assez stables pour subir une pose de plusieurs jours. Nous n'avions plus que la ressource de faire des comparaisons à l'état solide. A part le sel de Werner (n° 2) qui offre des cristaux étendus, les autres variétés sont microcristallines, ce qui nous conduit à faire le spectre de poudres.

E. Les spectres sont obtenus avec une chambre de Siemens (8 mA et 25 kV) donnant 2° par millimètre de déviation et de 180^{mm} de circonférence. Les temps de pose sont de trois heures; chaque échantillon pulvérisé est aggloméré sur un mince fil de verre à l'aide de colle.

Les échantillons n^{os} 2 et 5 donnent le même diagramme représenté par la figure 1.

Les variétés n^{os} 3 et 4 donnent un diagramme identique, mais différent du précédent (*fig.* 2).

La préparation n° 1, recristallisée une fois ou non (1^{g} dans 90$^{cm^3}$ d'eau à 80-85°) et broyée dans les mêmes conditions que les précédentes, donne

un diagramme de substance amorphe; en broyant pendant un temps plus court, le diagramme possède peu de raies, mais les deux plus intenses coïncident avec celles de la figure 2.

Fig. 2.

En résumé, les variétés de Werner et Duval, d'une part, de Jörgensen, d'autre part, pourraient présenter un arrangement spatial différent, mais les arguments tirés de leurs méthodes de préparation respectives nous paraissent bien faibles pour attribuer cet arrangement à une forme plutôt qu'à l'autre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition explosive avec flamme de l'acétylène.* Note de M. **Armand Gross.**

Un phénomène lumineux a été signalé par J.-F. Durand et M. Banos [1] lorsque l'on chauffe de l'acétylène passant à la pression ordinaire dans un tube de pyrex où se trouve une nacelle renfermant un métal dont l'acétylure est explosif.

Ayant été amené à faire passer un courant d'acétylène (pur ou dilué de gaz inerte) de débit variable dans des tubes de différentes dimensions et de différentes matières à des températures variables, nous avons pu faire diverses observations :

1° Dans certains tubes (nickel, aciers spéciaux Sicromal 8, Sicromal 10,

---

(1) *Bull. Soc. Chim*, **2**, 1927, p. 1294.

Ugine V 41), aucun phénomène lumineux n'est observé quelles que soient les conditions expérimentales;

2° Dans d'autres tubes (pyrex, silice, fer, graphite, aciers spéciaux Sicromal 9, Sicromal 12, Duraloy, Ugine V.1, Cromimphy 4, Cromimphy 6, Imphy 505, Imphy Arc 2702.B, Imphy Arc 2266 Platinostainless), sous certaines conditions de débit et de températures qui seront précisées plus loin, nous avons observé que :

a. Les gaz sortant du tube sont d'abord incolores pendant un temps variable, dépendant de la nature du tube, du débit et de la température du gaz.

b. Des fumées blanches prennent ensuite naissance pendant très peu de temps et presque aussitôt laissent place à des fumées de plus en plus colorées en jaune puis en brun.

c. Enfin une flamme lumineuse mobile remonte périodiquement le courant gazeux dans la partie chauffée du tube. Entre deux périodes de flamme un nuage noir de carbone se dépose partiellement sur les parois, le reste étant entraîné par le courant gazeux. Ce dépôt n'obstrue le tube qu'à la longue et en tout cas bien après la cessation du phénomène lumineux décrit ci-dessus qui, contrairement aux expériences citées au début de la présente Note, a lieu en l'absence de métaux tels que Ag, Au, Cu, Hg dont les acétylures sont explosifs. De plus sa durée n'est pas illimitée, elle est même relativement courte puisqu'elle n'est que de 5 à 20 minutes dans nos expériences.

Ce phénomène a lieu dans un domaine de température s'étendant de 550-600°C. à 850-900°C. selon les tubes utilisés, mais indépendant du débit pour le domaine de cette variable le provoquant.

Pour un même tube la période du phénomène varie dans le sens inverse de la température. Voici par exemple les périodes mesurées avec un tube de silice de 21×24^{mm} de diamètre, chauffé sur une longueur de 300^{mm}, parcouru par un courant d'acétylène de 10 litres à l'heure :

Température (°C.)......	600	650	700	750	800	850	900
Période (secondes).....	20,0	6,0	4,5	1,9	1,4	1,0	0,7

La période varie également en raison inverse du débit gazeux, voici les périodes mesurées avec le même tube, chauffé à 750°C. et parcouru par un courant d'acétylène variable.

Débit (litres/heure)........	1 à 4	5	6	7	8	9	10
Période (en secondes)......	pas de flamme	7,5	4,0	2,8	2,4	2,0	1,7

La dilution de l'acétylène par des gaz inertes azote et argon est sans influence sur la période du phénomène.

Il semble qu'il y ait au moins deux réactions en jeu : la polymérisation de l'acétylène et sa décomposition en carbone et hydrogène, car d'une part les fumées blanches et brunes sont condensables et d'autre part le gaz sortant du tube pendant le phénomène lumineux est composé en grande partie d'hydrogène et d'un peu d'acétylène non décomposé, et le nuage très fin qui se dépose dans le tube est constitué par du charbon.

Cette décomposition est une réaction catalytique car elle dépend de la nature du tube laboratoire. L'expérience suivante le prouve :

Si l'on prend un tube en acier V. 41, dans lequel aucune décomposition explosive n'a lieu et que l'on y place en un endroit déterminé expérimentalement, un morceau de tube de silice ayant même diamètre extérieur que le diamètre intérieur du tube d'acier, mais n'occupant qu'une partie de sa longueur, on observe à nouveau la décomposition lumineuse décrite plus haut. Inversement, nous avons pu supprimer cette décomposition en prenant un tube de silice dans lequel est placé un tampon de copeaux d'acier V. 41 ayant la même longueur et occupant la même place que le fragment de tube de silice de l'expérience précédente. Ceci montre que cette décomposition n'a lieu que dans une région étroite et bien déterminée du tube.

Du fait de l'existence très nette d'une période d'induction, il semble vraisemblable d'admettre qu'il y a autocatalyse pour la décomposition explosive de l'acétylène en carbone et hydrogène, et au contraire inhibition de cette réaction par le carbone produit en premier lieu.

Un processus de réaction en chaîne paraît à rejeter du fait que le phénomène n'est pas modifié par la présence de gaz inertes étrangers.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure et absorption des colorants aminés du triphénylméthane.* Note de M^me^ **Ramart-Lucas**, transmise par M. Georges Urbain.

Bien que depuis plus d'un demi-siècle le problème de la structure des colorants des dérivés aminés du triphénylméthane ait donné lieu à de nombreuses et importantes recherches, cette structure est encore très discutée. On attribue assez généralement à ces colorants la formule quinonique (Nietzki et Armstrong), c'est ainsi que l'on représente le violet

cristallisé par la formule (I).

(I) $$[(CH^3)^2.N.C^6H^4)^2.C{=}C^6H^4{=}N\langle{}^{(CH^3)^2}_{Cl}$$

(II) $$\left[\begin{matrix}(CH^3)^2.N.C^6H^4\\(CH^3)^2.N.C^6H^4\\(CH^3)^2.N.C^6H^4\end{matrix}\Big\rangle C^{\bullet}\right]^+ Cl^-$$

Pourtant plusieurs savants ont émis récemment l'opinion que la couleur des colorants était due à la présence, dans leur molécule, d'atomes ionisés (ions libres, ions mixtes, complexes ionisés). C'est ainsi que Dilthey et Wizinger (1), s'appuyant sur ce que, selon eux, dans la série des dérivés aminés du triphénylméthane, le passage de la base au sel est accompagné d'une augmentation considérable de l'absorption (déplacement des bandes vers le rouge, augmentation du coefficient d'absorption), assignent au violet cristallisé la structure ionoïde (II) ci-dessus.

L'étude spectrale (ultraviolet et visible) que j'ai effectuée sur quelques colorants de cette série (fuchsine, violet cristallisé, vert malachite), préparés à l'état très pur par M. J. Hoch, m'a permis d'établir que cette conception, dont on fait grand état, ne peut être retenue et que, par contre, les formules ordinaires homéopolaires rendent aisément compte des propriétés de ces composés. J'ai fait en effet les constatations suivantes :

1° Le changement d'absorption, quand on passe du sel à la base, est faible s'il ne se produit pas d'isomérisation, et le degré d'ionisation n'influe pratiquement pas sur la couleur.

2° Les bases de ces colorants et certains de leurs dérivés (éthers-oxydes, nitriles, etc.) existent en solution à l'état d'équilibre sous deux formes. Une forme est incolore dans le visible, et a sensiblement même spectre, et par suite même structure, que le leuco dérivé correspondant; ce qui conduit à lui attribuer la formule carbinolique [soit par exemple (III) pour la base incolore du violet cristallisé]. L'autre forme est colorée et son spectre est très voisin de celui de son chlorhydrate; il s'ensuit que le sel et la base colorée ont la même structure. On peut donc sans inconvénient représenter la base colorée du violet cristallisé par la formule quinonique (IV).

(III) $$[(CH^3)^2.N.C^6H^4]^3{\equiv}C.OH$$

(IV) $$[(CH^3)^2.N.C^6H^4]^2C{=}C^6H^4{=}N\langle{}^{(CH^3)^2}_{OH}$$

---

(1) Dilthey et Wizinger, *Journ. Prakt. Chem.*, **118**, 1928, p. 321; Wizinger, *Organische Farbstoffe*, Berlin et Bonn, 1933.

3° J'ai de plus établi, par des mesures d'absorption, que les proportions respectives des deux formes incolore et colorée, présentes dans les solutions de la base, dépendent, toutes choses égales, de la constitution du colorant, du solvant, du P_H, de la lumière qui éclaire la solution.

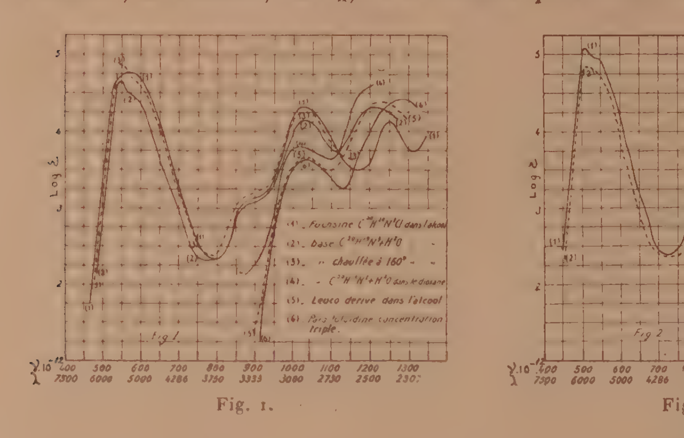


Fig. 1. Fig. 2.

Dans l'alcool, les solutions neutres des bases de la fuchsine et du violet cristallisé contiennent surtout la forme quinonique, alors que celles de la base du vert malachite renferment une proportion notable de la forme incolore. Si l'on alcalinise ces solutions alcooliques, l'équilibre se déplace en faveur de la forme incolore. Dans le dioxane, les solutions neutres des bases contiennent surtout la forme incolore. Sur les figures ci-dessus sont tracées les courbes d'absorption de quelques-uns des produits que j'ai étudiés dans la série de la fuchsine, du violet cristallisé.

En résumé, les déterminations quantitatives de l'absorption des colorants aminés du triphénylméthane (de même que celle de la fluorescéine et de ses dérivés) [2], m'ont permis à la fois d'établir que la conception suivant laquelle la couleur des matières colorantes est conditionnée par la présence, dans leur molécule, d'atomes ionisés ne peut être admise, de montrer que lorsque le passage du sel à la base s'accompagne d'une variation d'absorption notable, c'est qu'il s'est produit un changement de structure [3], de préciser la nature de ces transformations intramoléculaires, et de fixer la structure des colorants et de leurs dérivés.

---

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 864 et 1409.

(3) Hantzsch a montré que la théorie d'Ostwald, concernant la coloration des ions, ne pouvait être admise pour les indicateurs colorés : un changement dans leur couleur correspond à un changement de structure (*Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1906, p. 1090).

Bien que les formules classiques des corps organiques soient imparfaites (elles ne tiennent en particulier pas compte des influences mutuelles entre atomes ou groupes d'atomes présents dans la molécule), ce sont encore les seules qui rendent compte de leurs comportements chimique et spectral.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation nitrique des dérivés méthylés du sorbose.* Note de M^me^ **Yvonne Khouvine** et de M. **Georges Arragon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En oxydant par l'acide nitrique l'α-tétraméthyl-*l*-sorbose, R. L. Whistler et R. M. Hixon [1] n'ont obtenu que de l'acide *d*-diméthoxysuccinique. Ces auteurs, néanmoins, concluent que l'absence d'acide *l*-diméthoxysuccinique indique que l'α-tétraméthyl-*l*-sorbose et l'α-*l*-méthylsorboside ont une structure pyranique. Nous avons, pour notre part, étudié l'oxydation nitrique des α- et β-tétraméthyl-*l*-sorboses et celle des α- et β-tétraméthyl-*l*-méthylsorbosides, et comme Whistler et Hixon, dont l'article parut quand notre travail était terminé, nous n'avons longtemps obtenu que de l'acide *d*-diméthoxysuccinique. Mais, par l'étude systématique des oxydations, nous avons pu déterminer dans quelles conditions se forme l'acide triméthoxyglutarique qui caractérise les cycles pyraniques et isoler, à partir des α- et β-tétraméthyl-*l*-sorboses et des α- et β-tétraméthyl-*l*-méthylsorbosides, de l'acide *d*-diméthoxysuccinique et de l'acide xylotriméthoxyglutarique. Ces acides ont été d'abord transformés en esters méthyliques, puis en méthyldiamides cristallisées.

CH^2OCH^3
CH^3OC —
CH^3OCH
$HCOCH^3$ O
CH^3OCH
CH^2 —

Tétraméthyl-α-*l*-sorbopyranoside.

$COOH$
CH^3OCH
$HCOCH^3$
CH^3OCH
$COOH$

Acide xylotriméthoxyglutarique.

$COOH$
$HCOCH^3$
CH^3OCH
$COOH$

Acide *d*-diméthoxysuccinique.

Nous ne donnons ci-dessous que la technique d'oxydation qui conduit

---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 2047.

aux deux acides; les autres techniques se trouvent dans la thèse d'Arragon ([2]) et seront résumées dans un mémoire d'ensemble sur la structure des cétoses.

Dans un matras à long col contenant 10^g de dérivé tétra ou pentaméthylé, on verse d'abord 25^{cm^3}, puis 100^{cm^3} d'acide nitrique fumant (D 1,49). Lorsque le dégagement de vapeurs nitreuses s'est ralenti, on plonge dans un bain-marie bouillant le matras qu'on ferme avec un petit entonnoir. Après 30 minutes, le pouvoir réducteur n'est plus que le cinquième du pouvoir réducteur initial, et la densité de l'acide est tombée à 1,35 environ. On ramène cette densité à 1,43 par addition d'une quantité suffisante d'acide fumant, et l'on chauffe 30 minutes à 90°. Le pouvoir réducteur est alors nul. On entraîne l'acide nitrique par la vapeur d'eau, on détruit l'acide oxalique par H^2O^2, on sèche en distillant de l'alcool méthylique et l'on méthyle le sirop par CH^3I-Ag^2O, puis par $(CH^3)^2SO^2$. On distille enfin (3-4^g) dans un vide de 10^{-4} mm, avec une colonne Vigreux de 10^{cm}, d'abord à 50°, puis à 70°, et l'on obtient 2 ou 3 fractions qu'on traite par la méthylamine. On sépare les méthyldiamides par cristallisations fractionnées dans l'alcool méthylique et dans l'éther acétique.

Nous avons ainsi obtenu les méthyldiamides des acides *d*-diméthoxysuccinique (2-3^g) et xylotriméthoxyglutarique (1^g). En effet, pour l'une le point de fusion au bloc Maquenne est $+205°$, et le pouvoir rotatoire $\alpha_{578}^{20}+132°,8$; C 47,09 pour 100, H 7,95 pour 100, N 13,2 pour 100, alors que les chiffres théoriques pour la méthyldiamide de l'acide diméthoxysuccinique sont P. F. $+205°$, $\alpha_{589}^{20}+132°,9$; C 47,05 pour 100, H 7,90 pour 100, N 13,7 pour 100. Pour l'autre, le point de fusion au bloc Maquenne est $+167°$, le pouvoir rotatoire $\alpha=0$; C 48,48 pour 100, H 8,39 pour 100, N 11,0 pour 100, alors que les chiffres théoriques sont P. F. $+167°$, $\alpha=0$, C 48,40 pour 100, H 8,15 pour 100, N 11,25 pour 100.

La formation de l'acide xylotriméthoxyglutarique nous prouve directement la structure pyranique des α- et β-tétraméthyl-*l*-sorboses et des α- et β-tétraméthyl-*l*-méthylsorbosides. On peut en déduire que le tétracétyl-α-*l*-méthylsorboside et l'α-*l*-méthylsorboside sont, eux aussi, pyraniques. Quant à l'α-*l*-sorbose lui-même qui a, d'après les spectres Raman, une structure cyclique, et qui donne avec de très bons rendements l'α-*l*-méthylsorboside, nous pouvons dire que c'est un α-*l*-sorbo-pyranose.

Enfin il suffit, pour déterminer la structure de l'α-*l*-sorbose, de préparer l'α-*l*-méthylsorboside et le tétraméthyl-α-*l*-méthylsorboside et d'oxyder ce dernier par l'acide nitrique. Il est, en effet, inutile de passer par l'α-*l*-tétra-

---

([2]) Thèse de Doctorat ès sciences. Paris, 1938.

acétyl-sorbose et le tétraacétyl-α-*l*-méthylsorboside qui donnent tous deux le même α-*l*-méthylsorboside (³). L'application des méthodes d'Irvine et de Haworth au sorbose se trouve ainsi très simplifiée, d'autant plus qu'il n'est pas indispensable d'isoler le dérivé tétraméthylé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une scission des alcools primaires et secondaires β-éthyléniques*. Note de MM. **Charles Prévost** et **Ou Kiun Houo**, présentée par M. Robert Lespieau.

Tandis que, sur alumine à 340°, les alcools α-éthyléniques

$$R-CH^2-CHOH-CH=CH^2,$$

ainsi d'ailleurs que leurs isomères

$$R-CH^2-CH=CH-CH^2OH,$$

se déshydratent facilement, et à peu près quantitativement, en un mélange plus ou moins complexe de carbures érythréniques, leurs isomères β-éthyléniques (¹)

$$R-CHOH-CH^2-CH=CH^2$$

ne le font pas.

Après passage sur alumine à 340-360°, à un débit horaire de 30ᵍ environ, on retrouve à peu près 50 pour 100 d'alcool inaltéré, très peu d'eau et de diènes conjugués, mais par contre 40 à 50 pour 100 de l'alcool mis en œuvre a subi une scission en aldéhyde et carbure monoéthylénique :

$$R-CHO|H-CH^2-CH=CH^2 \rightarrow R-CHO+CH^3-CH=CH^2.$$

Nous avons constaté cette scission pour $R=H$, $R=CH^3$, $R=C^2H^5$ et $R=-CH=CH^2$.

Une telle coupure rappelle celle de l'acide ricinoléique en aldéhyde œnanthylique et acide undécilénique. Elle rappelle aussi la coupure des alcools α-acétyléniques en aldhéhyde (ou cétone) et carbure acétylénique vrai (²)

$$R-CHO|H-C\equiv C-R^1 \rightarrow R-CHO+R^1-C\equiv CH.$$

(³) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1935, p. 831.

(¹) Charles Prévost, *Annales de Chimie*, 10ᵉ série, 1928, p. 169 et 152.

(²) Charles Moureu, *Bull. Soc. Chim.*, 3ᵉ série, **27**, 1902, p. 157.

Cette dernière scission, sous l'influence de l'éthylate de sodium, avait déjà été décrite par Charles Moureu [2]. M. Lespieau et l'un de nous l'avaient obtenue sur alumine à 250° :

$$CH^3—CHOH—C\equiv CH \rightarrow CH^3—CHO + CH\equiv CH,$$

mais le résultat n'avait pas été publié (1929).

La similitude des radicaux allyle et benzyle nous a amenés à examiner l'action de l'alumine sur les alcools $C^6H^5—CH^2—CHOH—R$, que l'on pouvait espérer couper en aldéhyde R—CHO et toluène.

Nous avons constaté qu'il n'en était rien, et que ces alcools se déshydratent normalement en carbures styroléniques

$$C^6H^5—CH=CH—R.$$

Les expériences ont été faites avec R = H et $R = CH^3$.

D'un autre côté, les alcools tertiaires β éthyléniques

$$CH^2=CH—CH^2—COH\begin{matrix} \nearrow R_1 \\ \searrow R_2 \end{matrix}$$

eux aussi se déshydratent en un mélange de diènes conjugués.

Il s'ensuit que, pour des différences de structure assez minimes, les alcools portant sur l'atome de carbone hydroxylé un radical mobile : allyle, éthynyle, benzyle, se comportent différemment vis-à-vis de l'alumine, ils se coupent ou bien se déshydratent. L'étude, à ce point de vue, de quelques nouveaux représentants de cette série, étude que nous poursuivons, permettra, nous l'espérons, de préciser la cause de ces divergences.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Passage de l'acide stéarique à l'acide oléique par déshydrogénation catalytique.* Note de MM. **Louis Margaillan** et **Xavier Angeli**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que, dans les corps gras, l'acide oléique s'hydrogène facilement en présence de nickel réduit pour donner l'acide stéarique.

Le phénomène inverse, la déshydrogénation catalytique de l'acide stéarique en acide oléique, est-elle réalisable ? Éventuellement, une telle déshydrogénation s'effectuera-t-elle précisément en 9-10 pour conduire à l'acide oléique ordinaire, ou bien ne s'effectuera-t-elle pas en un autre point de la molécule, par exemple en 2-3, pour donner un acide isooléique ?

Précédemment, Normann en 1921 et 1923 avait pu obtenir une augmentation d'indice d'iode en soumettant une huile à 220°-250° à l'action de l'azote, du gaz carbonique ou de l'oxyde de carbone, en présence d'un catalyseur au nickel; des travaux dans le même sens ont été faits par Suzuki et Kurita, Tzonev et Yansel.

De notre côté, nous avons songé à employer comme accepteur d'hydrogène celui qui nous a paru le plus simple, l'éthylène, en bloquant la fonction acide à l'état d'ester méthylique.

En faisant passer à 220° sur du nickel, réduit à 190°, des vapeurs de stéarate de méthyle entraînées par un courant d'éthylène, nous avons pu condenser à la sortie de l'appareil un mélange de stéarate et d'oléate de méthyle et caractériser, dans les gaz sortants, à côté d'éthylène en excès, de l'hydrogène et de l'éthane; 23 pour 100 environ de l'acide stéarique ont pu être ainsi transformés en acide oléique.

La déshydrogénation a pu être effectuée également, mais moins facilement, en phase liquide. Le naphtalène essayé comme accepteur d'hydrogène s'est aussi montré efficace, mais sans présenter d'avantage.

Dans les mêmes conditions le palmitate de méthyle n'a pas donné signe de déshydrogénation.

Nous avons vérifié que l'acide éthylénique obtenu est bien l'acide oléique ordinaire.

GÉOLOGIE. — *Le Permien et l'Éocène dans le Sud-Ouest de l'Anatolie intérieure.* Note de M. **Ernest Chaput**, présentée par M. Charles Jacob.

Les régions montagneuses, bordant les hauts-plateaux de l'Anatolie intérieure entre Eskisehir, Afyon Karahisar et Aksehir, sont formées surtout de terrains en partie métamorphiques, largement masqués par du Néogène lacustre et éruptif (tufs des tombeaux phrygiens). Les terrains antérieurs au Néogène n'étaient pas datés jusqu'ici par des gisements fossilifères; or, en 1936 et 1937, ces terrains nous ont fourni des fossiles en deux régions différentes :

1° Entre Afyon Karahisar et Çay, des calcaires sombres, interstratifiés avec des calcaires plus clairs et parfois avec des calcschistes sériciteux, sont, dans certains bancs, riches en débris d'Echinodermes et de Polypiers; en outre, immédiatement en amont de Çay, sur la rive gauche du ravin abou-

tissant à cette ville, on y trouve des Fusulinidés. M. Ciry [1], qui a étudié les plaques minces de ces calcaires, y a distingué plusieurs espèces de *Staffella*, dont une, *Staffella Chaputi* Ciry, existe en abondance dans les calcaires permiens trouvés par nous dans l'Anatolie centrale, au Sud d'Ankara [2]. Ces calcaires permiens de la région de Çay, qui recouvrent les terrains plus métamorphiques du Sultan dagh d'Aksehir, dessinent des plis larges dirigés approximativement vers l'Ouest.

2° Dans une zone assez allongée vers le Nord-Ouest, et s'étendant de Saribayir jusqu'au delà de Kayi, où elle forme le bord de la plaine et les avant-monts à l'Est du tombeau de Midas, nous avons recueilli, dans des calcaires parfois gréseux, les Foraminifères suivants, déterminés par M. Doncieux : *Nummulites atacicus* Leym., *N. irregularis* Desh., *N. globulus* Leym., *Orbitolites complanatus* Lmk.; ces calcaires et grès lutétiens passent, vers leur base, à des conglomérats de roches métamorphiques, de serpentines, de radiolarites, etc. Ils supportent le Néogène légèrement discordant qui les déborde largement. Le Néogène lui-même est fortement disloqué, avec des plis et des failles prolongeant vers le Nord-Ouest les accidents analogues des chaînes internes du Taurus.

HYDROLOGIE. — *Analyse des composantes de l'Afrine à Midanki.* Note [1] de M. **Soubhi Mazloum**, présentée par M. Georges Perrier.

Les études hydrométriques de l'Afrine (en Syrie) sont poursuivies depuis 1930 à la station limnigraphique de Midanki ; l'application de la méthode d'analyse de M. H. Labrouste à la série des niveaux moyens mensuels permet de dégager les composantes élémentaires de l'écoulement. Les composantes obtenues ont des périodes de 2, 3, 4, 6, 8 et 12 mois ; la faible étendue des observations ne permet pas encore de dégager les composantes supérieures.

Par ailleurs, l'analyse des hauteurs mensuelles de la pluie et des moyennes mensuelles de la température observées à Azaz, sur la limite orientale du bassin versant, fournit des composantes similaires de 6 et de 12 mois, et permet d'entrevoir les mêmes composantes supérieures.

---

(1) *Bull. Scient. de Bourgogne*, 8, 1938, p. 53-60 (une pl.)

(2) E. Chaput, *Comptes rendus*, 194, p. 1592 et 1593; 197, 1933, p. 1134 et 1135.

(1) Séance du 23 mai 1938.

Il paraît intéressant de comparer entre elles les composantes homologues de ces différents phénomènes : écoulement, pluie ou température peuvent en effet être considérés comme des résultantes d'influences élémentaires admettant les mêmes périodes.

Les composantes annuelle et semi-annuelle de l'Afrine forment des trains d'ondes semblables à celles de la pluie ; elles comprennent un même nombre de périodes entières, et leurs élongations variables restent symétriques par rapport à l'élongation maximum. Les composantes de la température présentent des trains plus allongés, dont les variations d'amplitude sont plus lentes et moins accentuées.

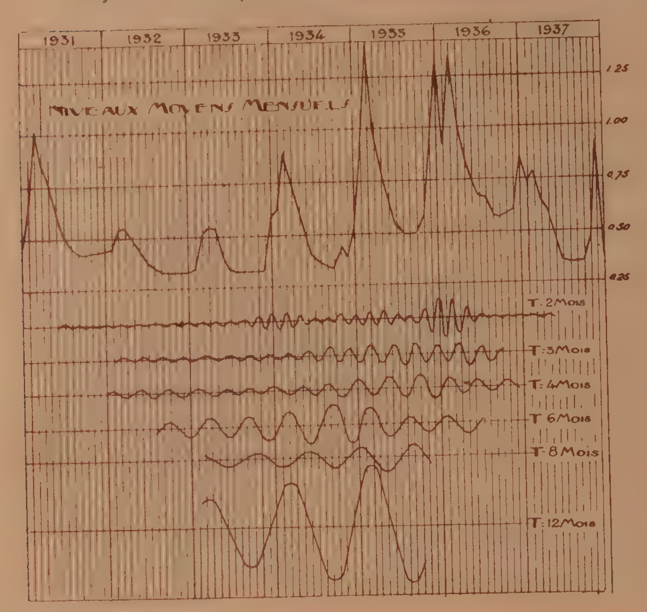
L'influence de ces différentes composantes n'est pas la même dans la formation de la cote moyenne enregistrée; le tableau ci-dessous relate l'amplitude maximum de chacune d'elles et son importance relative : la composante annuelle reste prépondérante dans les trois phénomènes observés :

	Composantes T, en mois.	Amplitude maximum.	Importance relative.
Niveaux de l'Afrine à Midanki......	2	$0^{m},342$	25,9 %
	3	134	10,2
	4	151	11,5
	6	234	17,7
	8	138	10,5
	12	684	51,9
Pluie d'Azaz......................	6	53^{mm}	25,6
	12	125,4	60,5
Température d'Azaz................	6	$2^{o},98$	10
	12	$18^{o},86$	63,5

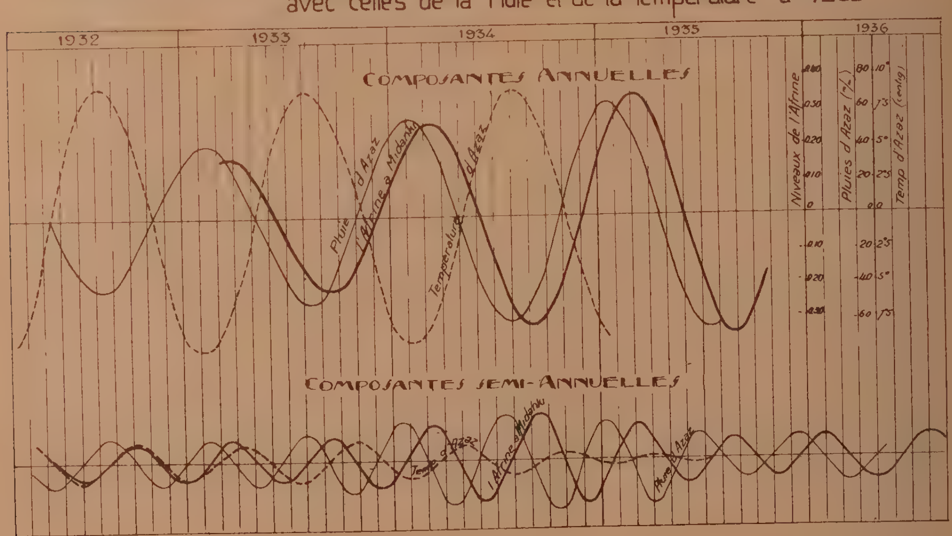
Les différentes composantes dégagées présentent entre elles un décalage de phase expressif : la composante annuelle de l'Afrine suit celle de la pluie avec un retard moyen de 40 jours (11 pour 100), et celle de la température avec un retard de 215 jours (60 pour 100) ; les retards moyens correspondants de la composante semi-annuelle sont de 50 jours (28 pour 100) et de 100 jours (56 pour 100).

Il apparaît ainsi que le bassin de l'Afrine ralentit, sans en atténuer l'effet, l'influence des composantes élémentaires de la pluie sur l'écoulement. Le régime d'écoulement de cette rivière porte l'empreinte du régime pluvial, et le rôle régulateur des réserves souterraines y est dissimulé par l'apport rapide du ruissellement. Cependant l'analyse de la courbe de décrue par la

Analyse des Composantes de l'Afrine à Midanki



Comparaison des Composantes de l'Afrine avec celles de la Pluie et de la Température à Azaz



méthode de M. Maillet conduit à estimer l'importance de ces réserves à plus de la moitié du volume annuel évacué par l'Afrine.

Les crues les plus importantes de la rivière résultant de l'interférence des maxima de ses différentes composantes, la méthode d'analyse de M. Labrouste fournit le moyen de les prévoir, à l'avance, par l'examen de la progression des composantes élémentaires de la pluie.

HYDROLOGIE. — *Sur une méthode d'étude des troubles en suspension dans les estuaires et les fleuves.* Note [1] de M. **Louis Glangeaud**, présentée par M. Charles Maurain.

La teneur en troubles de l'eau, dans l'estuaire de la Gironde, présente quatre types de variations qui sont fonction du temps : 1° variations quasi instantanées de l'ordre de quelques secondes dues aux tourbillons; 2° variations journalières au cours d'une marée; 3° variations irrégulières au cours des crues; 4° variations saisonnières.

Les variations topographiques de la quantité et la nature des troubles en suspension dépendent principalement, en dehors de la salinité, des mouvements tourbillonnaires qui déterminent les *échanges-transports* traduits par le coefficient A de W. Schmidt (*Austausch*) [2]. Ce coefficient A caractérise, non seulement l'état dynamique de la rivière à un moment donné, mais il permet aussi de préciser, si en un point, il se présente un équilibre *échange-pesanteur* sans érosion ni alluvionnement, ou s'il y a déséquilibre dans le sens de l'érosion ou de celui de l'alluvionnement suivant les calculs de Köhler [3]. A peut être calculé quand on a mesuré la répartition moyenne du pourcentage et de la granulométrie des troubles en fonction de la profondeur. La mesure de ce coefficient dans la nature s'est heurtée jusqu'à présent à la difficulté de déterminer les valeurs *moyennes* pour un espace de temps d'une dizaine de minutes.

La bouteille de Collet [4], formée par un cylindre horizontal avec clapets, ne donne que des valeurs instantanées. Or les perturbations tourbillon-

(1) Séance du 23 mai 1938.

(2) W. Schmidt, *Probleme der Kosmischen Physik*, 7, Hambourg, 1925.

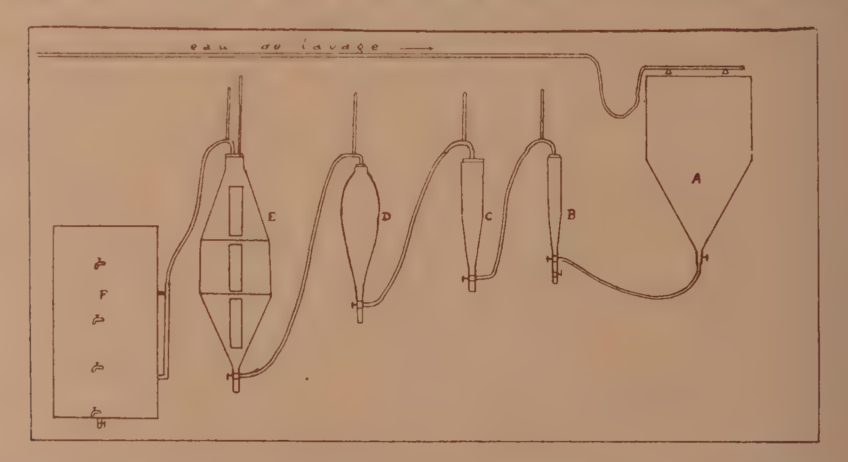
(3) I. K. Kohler, *Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 13, 3e série, Stockholm, 1933.

(4) Collet, *Les Lacs*, 320 p., Paris, 1925.

naires introduisent des variations rapides. On peut s'en rendre compte en examinant la surface de l'estuaire, où l'on observe des bouffées d'eau trouble se déplaçant au milieu d'eau plus claire. Des prélèvements à la bouteille de Collet, effectués à quelques minutes d'intervalle, nous ont donné les résultats suivants par litre, pour une station au km 3,850, à 50^m de la rive :

23 mars 1938, à $4^m,50$ du fond (basse mer) ($0^g,15$, $0^g,16$, $0^g,13$); 6 avril 1938, à $0^m,60$ du fond (début flot) ($1^g,37$, $1^g,28$, 1^g41); *idem*, à $3^m,10$ du fond ($1^g,57$, $1^g,07$); 11 avril 1938, à 0^m50 du fond (basse mer) ($0^g,27$, $0^g,27$, $0^g,22$); 25 avril 1938, à 1^m du fond (début flot) ($0^g,06$, $0^g,07$, $0^g,04$); 2 mai 1938 (pleine mer) à 7^m du fond ($0^g,84$, $0^g,69$); *idem*, à 4^m du fond ($0^g,67$, $1^g,13$); *idem*, à 1^m du fond ($3^g,55$, $2^g,90$).

Les perturbations quasi instantanées ont d'autant plus d'effet que l'eau est plus chargée en matières. Elles paraissent donner le maximum de variation à deux ou trois mètres du fond. Au contraire, au cours d'une marée, la teneur en troubles varie, surtout près du fond où elle peut passer de 1 à 15 pour une variation de 1 à 2 près de la surface. En vue d'obtenir une



quantité de matière suffisante pour des études minéralogiques et granulométriques, et pour déterminer des chiffres *moyens*, nous avons mis au point une méthode permettant de recueillir les matières en suspension dans 200 litres d'eau, prélevés à une profondeur connue pendant 10 minutes.

L'eau est pompée dans la rivière au moyen d'un tuyau, à l'extrémité duquel est fixé un cylindre horizontal, maintenu dans le sens du courant

à une profondeur déterminée. Les 200^l, prélevés en 10 minutes environ, sont déversés dans une cuve A, à fond conique, montée sur un bâti mobile. De cette cuve, l'eau prélevée passe à travers une série de tubes cylindroconiques verticaux de diamètres croissants : B $5^{cm},5$; C 12^{cm}; D 20^{cm}; E 50^{cm}. L'eau aboutit dans un cylindre F de 315^l de capacité.

Suivant le principe bien connu des appareils de lévigation (Elutriator), les sédiments restant dans chacun des tubes sont d'une grosseur décroissante du premier au quatrième. Après la mise au point de l'appareil effectuée par M. Aubriot, il ne passa plus dans le cylindre F que de l'eau contenant des éléments très fins de moins de 3^{μ} de diamètre et des colloïdes.

Après un repos de 24 heures dans les tubes, on enlève les sédiments déposés, qui sont fitrés, séchés et pesés. En outre, on précipite les colloïdes existants dans un litre d'eau du tube E et dans le cylindre F. On obtient ainsi le poids total des troubles en suspension et une première *répartition granulométrique approchée*, *obtenue avec l'eau même de la rivière*.

Pour vérifier l'appareil, un sédiment artificiel composé d'un mélange de sable et d'argile y fut introduit. Le sable fut intégralement récupéré dans le premier tube B avec environ 8 pour 100 d'argile. Sur la masse totale du sédiment, il y eut une erreur d'environ 2 à 3 pour 100. Des pompages, à une profondeur donnée, furent ensuite effectués près des bassins à flot, à 50 mètres du rivage pendant 10 minutes. Les résultats des prélèvements ont été les suivants pour un litre :

11 avril 1938, à $0^m,50$ du fond, basse mer : Elutriator ($0^g,23$), bouteilles Collet (moyenne $0^g,25$). 25 avril 1938, à 1^m du fond, début flot : Elutriator ($0^g,046$), bouteilles Collet (moyenne $0^g,055$). 2 mai 1938, 7^m du fond : Elutriator ($0^g,75$), bouteilles Collet (moyenne $0^g,74$).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la formation d'atomes libres de sodium dans la haute atmosphère*. Note de M. **René Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

La présence d'atomes libres de sodium dans la haute atmosphère, révélée par des observations récentes [1], pose une série de problèmes relatifs à la composition des couches luminescentes et aux transformations qui s'y accomplissent, soit spontanément, soit sous l'action de corpuscules d'ori-

---

(1) Cabannes et Dufay, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 221; Cabannes, Dufay et Gauzit, *ibid.*, p. 870; R. Bernard, *ibid.*, p. 448 et 928; *Nature*, **141**, 1938, p. 788.

gine solaire. Pour rendre compte en premier lieu de l'existence du sodium vers 60^{km} d'altitude, on peut imaginer que des molécules NaCl se trouvent en permanence dans cette région, où la température est sans doute assez élevée (150° C.). Ces molécules pourraient résulter, par exemple, de la vaporisation partielle, sous très basse pression, de particules salines provenant des océans. D'autre part la présence simultanée de molécules H^2O doit être considérée comme vraisemblable, car les bandes de la vapeur d'eau semblent bien exister dans le spectre d'émission du ciel nocturne [2]. Il doit exister, en outre, dans la haute atmosphère de nombreuses molécules d'azote métastables $A^3\Sigma$, comme le montre l'émission intense des bandes A → X, dites de Vegard-Kaplan, et des bandes du premier système positif B → A [2]. On sait enfin que, d'après sa composition spectrale, le rayonnement du ciel nocturne nécessite une énergie moyenne d'excitation plus faible que celle des manifestations aurorales [3]. Si l'on tient compte de la possibilité d'effets cumulatifs (par exemple, pour l'excitation du second système positif de l'azote), il est permis de supposer que cette énergie est inférieure à 10 électron-volts [4].

D'après ce qui précède, la formation d'atomes libres de sodium peut être attribuée à la réaction

$$(a) \qquad H + NaCl \rightarrow HCl + Na + 0,22 \text{ e. V. } (5,1 \text{ Kcal.}) \quad [5].$$

La réaction inverse, qui ne nécessite qu'un faible apport d'énergie, est cependant très peu probable à la température 150° C., par suite de la rareté des chocs efficaces [5]. En dehors de toute autre cause de disparition, la vie moyenne des atomes Na ainsi libérés serait donc considérable.

L'hydrogène atomique, qui produit la réaction (a), peut résulter de la dissociation de molécules d'eau, par exemple sous l'action d'un choc avec un électron de 5,1 eV [6],

$$H^2O \rightarrow OH + H - 5,1 \text{ e. V.}$$

---

(2) J. Cabannes, *J. de Phys.*, 7e série, 5, 1934, p. 601-613.

(3) G. Déjardin, *Rev. of Modern Physics*, 8, 1936, p. 1-21.

(4) Le premier système négatif de l'azote est très faiblement représenté dans le spectre du ciel. A partir du niveau A, l'ionisation d'une molécule d'azote ne nécessiterait cependant qu'une énergie égale à 12,6 eV. L'excitation des bandes négatives pourrait d'ailleurs avoir lieu dans une couche beaucoup plus élevée, c'est-à-dire dans la zone aurorale.

(5) G. Schay, *Zeits. Physik. Chem.*, 11, 1930-31, p. 291-315.

(6) Voir H. Hering, *Dissociation de l'eau en H^2 et OH* (*Actualités scientifiques et industrielles*, Paris, 1936).

Toutefois, il semble préférable d'admettre l'intervention des molécules d'azote métastables A qui, en reprenant l'état normal X, céderaient l'énergie disponible (6,1 eV) à des molécules d'eau, conformément à l'équation

$$(b) \qquad N^2(A^3\Sigma) + H^2O \rightarrow N^2(X^1\Sigma) + OH + H + 1\ \text{eV}.$$

Cette hypothèse est en bon accord avec les expériences de Gaviola et Wood ([7]), d'après lesquelles la vapeur d'eau est dissociée en H et OH sous l'influence de l'azote actif (qui renferme sûrement des molécules A). Elle est également confirmée par les observations récentes de Mc Neille ([8]), qui a constaté la formation de sodium libre en faisant passer une décharge à travers un tube rempli d'azote et contenant du chlorure de sodium. Le spectre de la luminosité obtenue dans ces conditions renferme, avec les raies d'arcs du sodium, la bande 3360 Å de NH et *la bande* 3064 Å *de* OH, même si l'on prend des précautions pour éliminer aussi complètement que possible la vapeur d'eau.

Si l'on tient compte des fait précédents, et notamment des équations (*a*) et (*b*), il faut s'attendre à trouver dans le spectre du ciel nocturne les bandes de la molécule OH, dont la durée de vie est d'ailleurs très grande ([9]). En fait ces bandes semblent bien se manifester sur les spectrogrammes du ciel ([10]), obtenus par Dufay, Gauzit et Arnulf. La transition $^2\Pi \rightarrow {}^2\Sigma$ ne nécessite qu'une énergie de 4 eV; les bandes de OH peuvent donc être facilement excitées par choc avec un électron ou avec une molécule d'azote A ([11]). Par contre, si l'énergie moyenne d'excitation est, dans la couche luminescente, inférieure à 10 eV, on s'explique aisément l'absence des raies de Balmer de l'hydrogène, des bandes H^2, HCl^+ et OH^+.

Les atomes libres Na, fournis par la réaction (*a*), peuvent évidemment, par un mécanisme plus ou moins complexe (avec intervention possible de H^2O), se combiner à l'oxygène et donner des molécules Na^2O. Mais il

---

([7]) *Phil. Mag.*, 6, 1928, p. 1191-1216.

([8]) *Phil. Mag.*, 25, 1938, p. 471-475.

([9]) O. Oldenberg, *J. of Chem. Physics*, 3, 1935, p. 266-275.

([10]) Voir la note suivante.

([11]) La distribution de l'intensité dans les bandes OH du ciel permettrait sans doute de se rendre compte de l'importance relative des deux mécanismes (O. Oldenberg, *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 210-215). D'autre part, il serait intéressant d'évaluer le rapport des intensités des bandes OH du ciel, observées au zénith et à l'horizon. Si l'émission de ces bandes et des raies D du sodium a bien lieu dans la même couche, on doit évidemment trouver le même rapport dans les deux cas.

est probable que celles-ci peuvent être à leur tour dissociées par choc avec des molécules d'azote A. L'action sur Na^2O d'une molécule A possédant un quantum de vibration supérieur ou égal à 4 ([12]) pourra directement donner naissance à deux atomes de sodium et à un atome d'oxygène.

En résumé, la théorie qui vient d'être esquissée, en bon accord avec les faits expérimentaux (analyse spectrale de la lumière du ciel nocturne, expériences de Mc Neill), permet d'interpréter la formation d'atomes libres de sodium dans une certaine région de la haute atmosphère (altitude 60^{km}, pression $0^{mm},1$, température relativement élevée). Elle explique donc la présence de certaines raies d'arc du sodium dans le spectre du ciel nocturne ([13]) et le phénomène de résonance crépusculaire observé récemment sur les raies D ([1]).

MYCOLOGIE. — *Premières cultures de champignons sur cellophane.* Note de M^lle **Aline Dusseau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Divers champignons saprophytes, recueillis il y a plusieurs années sur les feuilles marcescentes de plantes de haute montagne du type dit *plantes en coussinets*, ont pu être cultivés sur milieu artificiel (solution de Knop à diverses concentrations) sans autre aliment carboné que de la cellulose de papier-filtre.

Plus récemment, nous les avons repiqués dans des tubes où le papier-filtre avait été remplacé par une feuille de cellophane (acétate de cellulose). Ces champignons, parmi lesquels divers *Fusarium*, *Aspergillus et Penicillium* sp., ont donné des cultures tout à fait comparables à celles des tubes témoins sur papier-filtre.

En outre, le passage à l'autoclave ayant produit une légère hydrolyse de la cellophane, manifestée par un louche du liquide, les cultures se sont étendues en surface du liquide alors que dans les tubes témoins le champignon ne quitte pas aussi facilement le papier-filtre. Les pigments, notamment chez *Fusarium arthrosporioides* Sherb et *Fusarium sambucinum* Fuckel, apparaissent plus rapidement dans les cultures sur cellophane que dans les

---

([12]) La présence de nombreuses molécules A dans l'état vibratoire $v=4$ semble résulter des intensités relatives des bandes du premier système positif de l'azote, et des bandes du système de Vegard-Kaplan, telles qu'elles apparaissent dans le ciel.

([13]) G. Déjardin, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 930-933.

cultures sur papier. Ces premiers essais indiquent que des microorganismes sont capables d'accepter facilement cette forme nouvelle d'aliment carboné.

D'autre part, l'intérêt de la méthode nous paraît résider aussi dans le fait que l'observation et la photographie sont facilitées par la transparence du support, les feuilles de cellophane permettant de réaliser des cultures présentées en un film aussi mince qu'on peut le désirer.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les principes phosphorés du pollen.*
Note de M. **Émile Michel-Durand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les essais d'analyse immédiate des composés phosphorés du pollen sont plutôt rares et à ce point de vue les recherches d'Anderson et Kulp [1] présentent un réel intérêt. D'après ces auteurs, le pollen de plusieurs variétés de Blé renfermerait 2,61 de phosphatides, 0,29 de phosphore acido-soluble, 0,22 de phosphore minéral, 0,07 de phosphore organique qui correspondrait à de la phytine; les résultats sont rapportés à 100^g de substance sèche. Les conclusions de ces travaux, remarquables par ailleurs, sont très discutables en ce qui concerne les principes phosphorés autres que les phosphatides. La critique de la technique suivie par Anderson et Kulp sera exposée dans un prochain mémoire.

Nous ferons simplement remarquer ici que les auteurs cités considèrent comme phosphore phytinique le phosphore correspondant à la différence

P. acidosoluble — P. minéral.

Or nous avons montré [2] que l'extrait acide de poudre végétale délipidée pouvait renfermer, entre autres substances, non seulement des phosphates et de la phytine, mais encore, des hexosephosphates, des nucléotides, des acides nucléiques. Dans ces conditions, les conclusions d'Anderson et Kulp relatives à la phytine ne peuvent être prises en considération et la présence de cette dernière dans le pollen reste problématique. Il est regrettable, en outre, que ces mêmes auteurs n'aient fourni aucun renseignement sur la technique suivie pour le dosage des phosphates.

Nous avons repris le problème en utilisant la technique publiée récem-

---

[1] *Journ. biol. Chim.*, **50**, 1922, p. 433.
[2] *C. R. Soc. Chim. biol.*, **20**, 1938, p. 399.

ment (³). Les analyses ont porté sur le pollen, les inflorescences, et parfois les feuilles de *Corylus Avellana*, *Ulmus campestris*, *Cupressus lusitanica*. Les résultats rapportés à 100ᵍ de substance sèche sont exposés dans le tableau suivant :

Pollen de *Corylus Avellana* (Phosphore en mgr).

	Pipidique.	Acido soluble.	Minéral.	Phytinique.	Protidique.	Total.
Pollen	87	374	130	150	247	610
Anthères	4,5	116	88	6	71	160
Axe et bractées	1	61	50	10	50	110

Pollen d'*Ulmus campestris*.

	Pipidique.	Acido soluble.	Minéral.	Phytinique.	Protidique.	Total.
Pollen	74,3	500	283	128	216	700
Anthères	16,25	450	375	0	119,5	560
Axe et bractées	18	300	266	0	140	444

Pollen de *Cupressus lusitanica*.

	Pipidique.	Acido soluble.	Minéral.	Phytinique.	Protidique.	Total.
Pollen	12,5	125	traces	0	290	427
Cônes...............	15,3	200	143,6	72	64,4	279,7
Feuilles............	19,2	160	84	76,4	98,4	277,6

Il résulte de nos analyses que, comparativement aux fleurs et aux feuilles, le pollen paraît exceptionnellement riche en principes phosphorés. Or, la quantité de pollen produite par ces trois espèces est énorme par rapport à la quantité strictement nécessaire pour assurer la fécondation. La pollinisation se traduit donc ici par un véritable « gaspillage » de phosphore au moment de la poussée de printemps.

Par le taux et la nature des principes phosphorés, le pollen des deux espèces apétales présente des analogies très étroites, tandis que celui de la Conifère considérée offre des caractères chimiques très différents. Les pollens de *Corylus* et d'*Ulmus* renferment les mêmes principes phosphorés que les graines et notamment la phytine; aux réserves glucidiques, lipidiques, protidiques, dont l'existence est établie par différents auteurs, il convient d'ajouter les réserves phosphorées. Mais la présence de ces dernières est loin d'être générale; en effet, le pollen de *Cupressus* est caractérisé par l'absence totale de phytine, un taux relativement faible de P. lipidique, plus faible encore de phosphates. Il serait intéressant de savoir si cette pénurie de réserves est limitée aux seules principes phosphorés, ou

(³) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 866.

bien intéresse également les composés ternaires et quaternaires. Dans cette Conifère, en effet, les corpuscules sont nettement apparents sur les cônes femelles; le pollen peut tomber directement sur eux et germer sur le sommet de leur collerette évasée qui surmonte l'ovule. Dans ces conditions, la fécondation n'exige qu'un tube pollinique peu développé.

Si, comme l'a fait Javillier ([4]) pour les tissus animaux, nous établissons le rapport physiologique P. protidique/P. lipidique des grains de pollen, on constate qu'il présente sensiblement la même valeur, 2,8-2,9, pour les deux espèces d'apétales appartenant d'ailleurs à deux familles très voisines; ce même rapport atteint la valeur 23,5 dans la Conifère.

En résumé, ce travail préliminaire pose plutôt qu'il ne résout un certain nombre de problèmes relatifs, d'une part, à la valeur du rapport physiologique du pollen des différentes espèces végétales suivant leur degré d'évolution, d'autre part, à une relation possible entre la quantité des réserves nutritives accumulées dans le grain de pollen et l'allongement du tube pollinique chargé d'assurer le passage des anthérozoïdes sur les ovules.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence normale d'acides indoliques et particulièrement de l'*acide indol-3-acétique *dans diverses plantes supérieures.* Note ([1]) de M. **Joseph Lefèvre**, présentée par M. Émile Schribaux.

Depuis les premières observations de Boysen-Jensen, Paál, F. A. F. C. Went et son école, de nombreux et remarquables travaux (et très spécialement les déterminations de microchimie extrêmement habiles exécutées et appliquées par Kögl et ses collaborateurs) ont été consacrés à l'étude de la nature et de l'activité, observée ou provoquée, des substances de croissance sur les plantes supérieures. Nous ne possédons pourtant encore aucune certitude définitive sur l'identité des corps produits par ces plantes, et responsables de leurs propres manifestations de croissance.

Pour les auxines, s'il est généralement accepté, surtout pour l'auxine *a*, qu'elle est engendrée par les plantes qui l'utilisent, c'est sur la base de diverses considérations indirectes, la trop faible teneur en auxines des organes ayant paru interdire pratiquement toute recherche directe.

Quant aux hétéro-auxines (en étendant le sens d'une désignation d'abord réservée à l'indol-3-acétique), elles ne sont encore considérées, pour les végétaux supérieurs, que comme les succédanés extérieurs des auxines, possédant à un degré variable les mêmes propriétés.

([4]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 619.

([1]) Séance du 23 mai 1938.

Nous avons cru intéressant de rechercher systématiquement dans les plantes supérieures la plus typique d'entre elles, l'indol-3-acétique, qui semble être d'ailleurs pour des Champignons et Bactéries une véritable *substance de croissance*.

Notre travail se trouvait facilité par la netteté et la sensibilité de ses réactions, bien mises au point pour l'usage bactériologique et médical. (Notamment par C. A. Herter, Salkowsky et surtout A. Berthelot, *Ann. Inst. Pasteur*, 28, 1914).

Nous avons d'abord recherché des plantes présentant des manifestations fortement accusées, et autorisant à admettre la présence, dans leurs organes, de teneurs élevées et même excessives de substance de croissance.

C'est ainsi que nous avons choisi le *Radis*, en raison de sa *tuberculisation* particulièrement rapide (que nous avons d'ailleurs pu déclencher expérimentalement dès la germination) ([2]); le *Chou-fleur*, en raison de la *fasciation* si accentuée de son inflorescence dont la formation s'accompagne d'ailleurs toujours d'une sortie particulièrement abondante de nouvelles racines; le *Cresson de fontaine*, pour l'extrême facilité d'apparition de ses racines adventives; l'*Asperge*, pour la rapidité de croissance et d'élongation de ses tiges. Puis, en raison des résultats obtenus, nous avons étendu la recherche à d'autres plantes en croissance active, ainsi qu'à de jeunes bourgeons ou pousses d'arbres lors de leur développement printanier.

Sur des jus frais, exprimés à froid, sur des bouillons ou sur des extraits par divers solvants : alcools amylique, butylique; éther (purifié et utilisé suivant la technique de A. Berthelot (*loc. cit.*), nous avons employé :

a, l'acide chlorhydrique additionné de traces de perchlorure de fer;

b, l'acide sulfurique en présence d'un nitrite alcalin avec comparaison du spectre d'absorption et de celui obtenu à partir d'indol-acétique pur;

c, la caractérisation par la réaction d'Ehrlich du Scatol produit en portant vers 200° le résidu d'évaporation.

Pour le Radis, le Chou-fleur, le Cresson, l'Asperge, nous avons obtenu, par ces diverses voies, des réactions franchement positives sur de nombreux échantillons d'origines diverses.

D'après des comparaisons basées sur l'intensité relative des colorations, nous pouvons ajouter dès à présent :

1° que les réactions sont surtout accusées à partir de plantes récoltées

---

([2]) J. Lefèvre, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1437.

en cours d'établissement d'une manifestation nette de croissance, examinées sans retard et cueillies (sauf pour les jets souterrains) après une période lumineuse ([3]);

2° que diverses localisations peuvent s'observer, certaines fort tranchées (pointes des Asperges, inflorescence du Chou-fleur, feuilles des jeunes Radis etc.);

3° qu'en évaluant les concentrations par comparaison avec des solutions connues d'indol-acétique, elles paraissent élevées, puisque se situant souvent au-dessus de 10^{-5} du poids de matière fraîche.

Dans nos autres essais, nous avons encore trouvé des réactions positives, bien que souvent moins intenses, accusant la présence d'indol-acétique (Navet, jeunes Betteraves cultivées, pousses de Sureau, Oseille etc.).

Mais nous en avons aussi rencontré d'autres, distinctes, qu'une première étude nous conduit à rattacher à la présence probable d'acides indoliques voisins (butyrique, propionique etc.) (cas du Marronnier d'Inde, de l'Oignon, de la Carotte etc.).

Conclusion. — Si des études ultérieures restent ou deviennent indispensables pour préciser et résoudre toute une série de nouvelles questions posées par ces observations, il semble que l'acide indol-3-acétique (et probablement des acides indoliques voisins), normalement présent chez des plantes supérieures, manifestant divers effets physiologiques susceptibles d'être provoqués par son action, doit être considéré comme une *véritable phytohormone*.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Extraction et dosage du pigment de l'œil de la Drosophile.* Note de M. **Jacques-Lucien Monod** et M^lle^ **Yvette Neefs**, présentée par M. Charles Pérez.

On connaît chez la Drosophile de très nombreux gènes dont les mutations affectent la couleur des yeux. Quelques-uns possèdent même de nombreux allélomorphes. (Telle la série des allélomorphes du gène *white*.) La plupart de ces mutants se rangent dans une même gamme de couleur, qui va du jaune orangé très pâle au rouge vif. Il est probable qu'un certain nombre d'entre eux au moins ne diffèrent que par la dilution plus ou moins grande du pigment. Si tel est le cas on pourrait, en dosant le pigment de l'œil, obtenir une mesure de l'activité des gènes, qui permettrait

---

([3]) Cf. A. Berthelot et Mlle G. Amoureux, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 699.

de comparer leur action dans différentes combinaisons. Ce serait là un puissant moyen d'analyse auquel s'offriraient de nombreux types d'expérience.

Nous décrivons ici une technique qui permet d'extraire quantitativement le pigment des yeux, et de le doser, en unités évidemment arbitraires. Nous donnerons aussi quelques chiffres qui permettront de juger de la fidélité et de la précision des résultats.

Technique. — Les mouches, élevées dans les meilleures conditions possibles de nutrition, sont prélevées deux à trois jours après l'éclosion, et endormies à l'éther. Les têtes séparées des corps sont laissées dans l'alcool absolu, à la glacière, pendant 48 heures au moins. Le pigment est totalement insoluble dans l'alcool. Les têtes sont ensuite décantées, et broyées très finement au mortier. La poudre est reprise dans quelques centimètres cubes d'eau, où le pigment se dissout instantanément. Le liquide, dont la couleur va du jaune orangé au rouge suivant la concentration, est porté à l'ébullition, puis refroidi et centrifugé pendant 20 minutes à 3000 tours. On reprend le culot de centrifugation avec lequel on recommence l'opération d'extraction. Cette précaution n'est du reste pas indispensable car la dissolution est complète, dès la première fois. On obtient finalement un liquide parfaitement limpide, que l'on pourra doser avec précision à l'aide d'un colorimètre à cellules photoélectriques.

Pour vérifier que seul le pigment de l'œil contribue à la coloration de l'extrait, nous avons effectué des mesures sur des extraits d'yeux « white ». Comme on le verra d'après le tableau ci-dessous cet extrait a une densité optique à peine différente de zéro, c'est-à-dire du solvant lui-même.

Nous donnons ci-dessous quelques chiffres relatifs à une race sauvage. On a rapporté ces nombres à l'unité de poids sec des corps et au nombre d'individus. Les unités sont arbitraires.

Race sauvage (swed. B).	Concentration des extraits par rapport au poids sec. ♀.	♂.	♀/♂.	au nombre d'individus. ♀.	♂.	♀/♂.
Expérience I	19,7	24,3	0,81	5,4	4,9	1,1
» II	20,6	23,7	0,87	5,4	4,8	1,1
» III	24,5	30,1	0,81	5,6	5,1	1,1
» IV	22,7	30,6	0,74	5,5	5,1	1,1
» VI	18,8	22,9	0,82	5,4	4,7	1,1
Moyennes	21,3	26,3	0,81	5,5	4,9	1,1
White	0,188	0,223	0,84	0,046	0,044	1,04

On voit que ces données, rapportées aux poids secs, sont assez variables, mais que, rapportées au nombre d'individus, elles ont au contraire une constance très satisfaisante, puisque les plus grands écarts sont de l'ordre de 5 pour 100, l'écart maximum par rapport à la moyenne étant de 3 pour 100. Dans le cas des races sauvages, qui sont très pigmentées, une ciquantaine d'individus suffisent pour effectuer un bon dosage.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Répartition de la flavine et des substances à fluorescence bleue dans la peau et les écailles de quelques Poissons d'eau douce.* Note de MM. **Maurice Fontaine** et **René-Guy Busnel.**

En ce qui concerne les Poissons d'eau douce, c'est seulement dans les téguments de l'Anguille que nous avons jusqu'à présent signalé d'importantes quantités de flavine (¹). En effet on n'extrait des peaux et écailles de *Cyprinus carpio* L., *Carassius auratus* L., *Tinca vulgaris* Cuv., *Abramis brama* L., *Gobio fluviatilis* Duham., que des substances ou une substance à fluorescence bleue.

Cependant l'examen de la peau de l'Épinoche (*Gasterosteus aculeatus* L., *var. leiurus*) nous a également révélé la présence de flavine en quantités importantes. Les teneurs en flavine de la peau d'Épinoche (de 17 à 25 γ par gramme de tissu frais) sont en effet comparables à celles trouvées dans les parties dorsales de peau d'Anguille. Cette flavine s'y trouve également, en majeure partie du moins, sous forme d'un complexe non fluorescent, et la fluorescence apparaît par traitement à l'acide acétique ou par action d'alcool méthylique à l'étuve à 38°. La teneur en flavine de l'Épinoche totale (10 à 15 γ) est elle-même sensiblement supérieure à celle de l'Anguille totale (4 à 5 γ) et paraît d'ailleurs présenter des variations saisonnières que nous nous proposons d'étudier. Il faut rapprocher cette similitude biochimique d'une propriété biologique commune à ces deux Poissons : l'euryhalinité. On peut, en effet, se demander s'il n'existe pas une relation, indirecte sans doute, entre cette faculté d'adaptation et la richesse en flavine de leurs téguments, téguments qui jouent un rôle si important dans le maintien de l'indépendance osmotique du milieu intérieur vis-à-vis du milieu extérieur.

Nous avons d'autre part signalé que la flavine ou la substance à

(¹) M. Fontaine, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1367.

fluorescence bleue dans la peau des Poissons à mélanine se trouvait localisée dans les mélanophores ou au contact immédiat de ceux-ci ([2]). Nos observations ultérieures ont confirmé ce point, mais deux espèces nouvellement étudiées sont particulièrement intéressantes.

Les écailles de *Carassius auratus* L. sont très riches en substance à fluorescence bleue. Quand on examine au microscope à fluorescence les écailles et les coupes de peau, elles présentent une fluorescence bleue, générale, plus ou moins vive, mais l'addition d'acide acétique révèle toujours une fluorescence bleue éclatante, beaucoup plus intense que la précédente et qui diffuse à peu près exclusivement de la zone pigmentée. Cette substance à fluorescence bleue, sous une forme combinée non fluorescente, est localisée elle aussi dans les chromatophores bien que dans ce cas, ce soit principalement des carotinoïdes qui soient accumulés.

D'autre part, chez l'*Amiurus catus* L., on n'observe ni flavine, ni substance à fluorescence bleue en quantité notable, bien que la peau de ce poisson soit particulièrement riche en mélanine ([3]). Dans les téguments des poissons d'eau douce, la flavine et la substance à fluorescence bleue réversiblement réductible, sous forme de complexe non fluorescent, sont donc, quand elles existent, localisées dans les chromatophores ou au contact de ceux-ci; mais l'existence des mélanophores n'implique pas obligatoirement la présence de quantités notables de flavine ou de substance à fluorescence bleue.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la présence des cellules génitales primordiales dans les boutons embryonnaires des embryomes parthénogénétiques chez l'homme.* Note de M. **Albert Peyron**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons apporté récemment ([1]) la première démonstration de la ségrégation de la lignée germinale dans les embryomes, par l'étude d'une tumeur sacro-coccygienne à tissus multiples, dans laquelle on retrouva les deux testicules du jumeau parasite. Consécutivement, j'ai pu mettre en

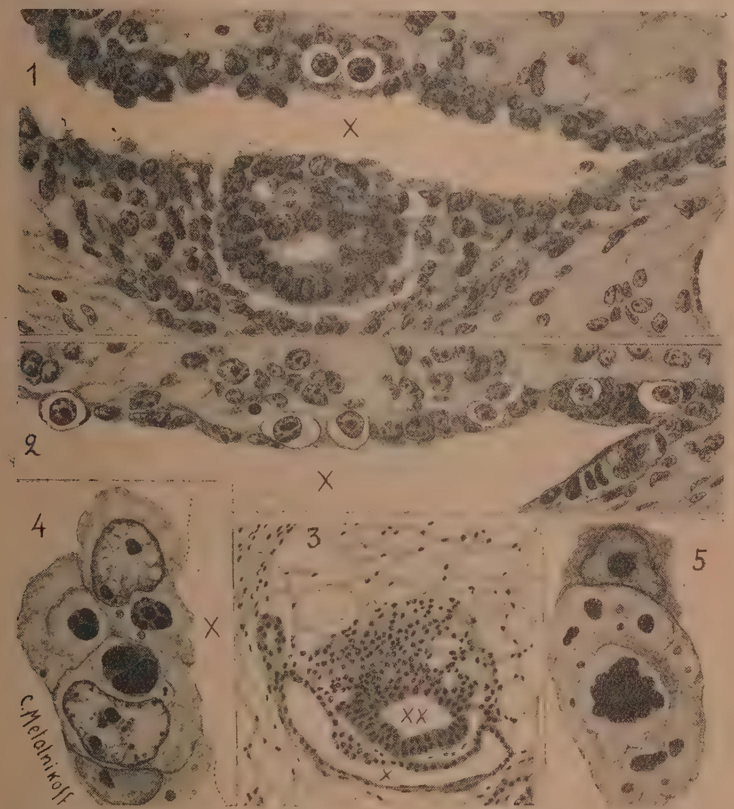
---

([2]) M. Fontaine et R. G. Busnel, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 372.

([3]) Signalons que quelques examens de peau à mélanine de Vertébrés supérieurs (homme noir, cobaye) ne nous ont pas permis de constater une accumulation de flavine ou de substance à fluorescence bleue dans les régions riches en mélanine.

([1]) Peyron, Bonnard et Lafay, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1197.

évidence le développement des gonoblastes primitifs dans les boutons ou



En 3, vue d'ensemble d'un volumineux bouton, montrant les deux cavités amnio-ectoblastique (XX) et entoblastique (X). L'accolement de l'ectoblaste et de l'entoblaste correspond à la ligne primitive, des deux côtés de laquelle on reconnait le mince feuillet du mésoblaste intra-embryonnaire en cours de délamination. — En 1, section intéressant le segment caudal de ce bouton. On reconnaît, dans la paroi entoblastique dorsale, deux gonoblastes en position symétrique de chaque côté de l'axe médian; la paroi opposée de la vésicule montre le diverticule allantoidien bordé de cellules prismatiques. — En 2, section intéressant le segment cranial; 7 gonoblastes sont intercalés dans le revêtement entoblastique. — En 4, sont représentés deux gonoblastes pris sur une autre section en bordure de la lumière entoblastique; leur aspect est moins caractéristique que pour les précédents; ils présentent une sphère volumineuse (fuchsine basique, Azur II) Dans l'un d'eux on reconnait le diplosome. En 5, on voit un gonoblaste typique en rapport avec une petite cellule du mésoblaste primitif.

embryons parthénogénétiques des tumeurs des testicules que nous avions découverts antérieurement (²). La comparaison d'une série de tumeurs

(²) Peyron et Limousin, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 631 et p. 894.

nous a permis d'identifier les stades correspondant aux blastodermes humains de la période présomitique jusqu'ici connus. Nous poursuivons actuellement l'étude des boutons plus jeunes qui n'ont pas encore été observés dans les œufs humains. Notre Note préliminaire soulignait déjà que ce matériel d'étude, jusqu'alors ignoré ou méconnu, allait permettre des précisions nouvelles sur de nombreux points de la blastogénie humaine encore obscure ou discutée : par exemple, le mode de formation et d'extension de la cavité amniotique primitive, le mécanisme de la gastrulation, l'origine du mésoblaste, les rapports de la plaque préchordale avec le processus céphalique et l'endoblaste. Nous pouvons y ajouter aujourd'hui la question de l'origine et de l'évolution des gonoblastes. Je les retrouve, en effet, avec une topographie et des caractères cytologiques identiques à ceux qui viennent d'être mis en évidence, chez l'embryon humain, par Politzer ([3]), Debeyre ([4]), Hamlet ([5]).

Voici, par exemple, en 3, un volumineux bouton, qui, par un hasard favorable, a été coupé transversalement et s'observe sur plus de 60 sections. Il présente sur d'autres sections une ligne primitive et un canal chordal; les gonoblastes s'y retrouvent, quelques-uns situés dans le mésoblaste, la plupart dans leur zone de prédilection, intercalés dans la paroi dorsale de la vésicule entoblastique. Ils sont faciles à reconnaître après la simple coloration à l'hématéine-éosine, grâce à leurs grandes dimensions, leur forme souvent ovoïde ou sphérique, leur cytoplasme clair, leur noyau vésiculeux qui montre au centre une volumineuse masse, tantôt sphérique (faux nucléole), tantôt irrégulière (*fig.* 5), de substance chromatique. D'autre part, le diplosome et une sphère s'observent après l'hématoxyline ferrique, le panchrome de Pappenheim, et une coloration combinée par la fuchsine basique et l'Azur II. Dans ces deux dernières méthodes, le cytoplasme des gonoblastes présente une teinte rose pâle qui permet de les reconnaître plus facilement. Leur amiboïsme ne paraît pas douteux; les cinèses, ainsi que les formes dégénératives, sont fréquentes. La périphérie du corps cellulaire montre des enclaves sidérophiles, qui ne s'observent jamais aussi nombreuses, ni surtout avec cette topographie caractéristique dans les cellules somatiques. Leur présence permet de conclure en faveur de la nature germinale lorsqu'on est en présence d'un élément en cinèse pour lequel le

---

([3]) *Zeits. f. die gesamte Anat.*, 100, 1933, p. 331.

([4]) *C. R. Ass. des Anatomistes*, Congrès de Lisbonne 1933, p. 239, et de Milan, 1936, p. 145.

([5]) *Anatomical Rec.*, 61, février 1935, p. 273.

diagnostic reste hésitant. Ces difficultés d'interprétation se retrouvent dans les œufs humains normaux et elles expliquent les discordances relatives au nombre des gonoblastes.

GÉNÉTIQUE. — *Transmission héréditaire de la sensibilité au gaz carbonique chez la Drosophile.* Note de MM. **Philippe L'Héritier** et **Georges Teissier**, présentée par M. Charles Pérez.

Nous avons rapporté ici même qu'une certaine souche de *D. melanogaster* présente une sensibilité tout à fait particulière au gaz carbonique. Ce caractère physiologique héréditaire, semblable en cela aux caractères mendéliens typiques, se transmet comme un tout, les individus issus d'un croisement pouvant toujours se classer sans ambiguïté en *sensibles* et *résistants*. Mais le mécanisme de cette transmission est aberrant. Nous avons réussi en effet à constituer, à partir d'une femelle de la souche sensible S, une lignée où ne se retrouve aucun des chromosomes de cette femelle, mais où persiste, au moins jusqu'à la septième génération, la sensibilité au CO^2 de la fondatrice (¹). La transmission héréditaire de ce caractère ne peut donc être rattachée à aucun système de gènes en position normale sur les chromosomes, et il est nécessaire de décrire en elles-mêmes les règles assez précises auxquelles elle obéit.

A. La souche S, que nous conservons sans précaution particulière depuis cinq ans, est stable, et, en règle générale, tous les individus sont sensibles. Cependant à de très rares intervalles, il apparaît dans les cultures des individus résistants; ceux-ci croisés entre eux, ont une descendance entièrement résistante dans toutes les générations successives.

B. Le croisement d'un mâle S et d'une femelle résistante quelconque fournit toujours en première génération F_1 un mélange de sensibles *s* et de résistants *r*. La proportion d'individus *s*, identique pour les deux sexes, est des plus variables (de 10 pour 100 à 90 pour 100); nous ignorons encore les facteurs qui la déterminent.

Les F_1 résistants se comportent toujours, dans tous les croisements, comme des individus résistants normaux. C'est là une règle absolue qui s'est vérifiée dans tous les croisements fournissant une descendance mixte.

Les F_1 sensibles mâles ne le sont que phénotypiquement : c'est là une deuxième règle, constamment vérifiée, qu'un mâle qui ne tient sa sensibi-

(¹) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1099, et 206, 1938, p. 1193.

lité que de son père ne la transmet jamais à aucun de ses descendants. Quelques-unes des femelles F_1 sensibles ne produiront également que des *r*, mais la plupart procréent à la fois les deux catégories d'individus. Les mâles sensibles auxquels elles donnent naissance sont de deux types : les uns ne transmettent pas le caractère, les autres ont une descendance mixte. Parmi leurs sœurs il en est qui produisent exclusivement ou des *s* ou des *r*, mais la plupart procréent comme leur mère, à la fois des uns et des autres. Il en va de même dans les générations suivantes.

La différence de potentialité héréditaire entre les mâles F_1 et leurs sœurs est sans relation avec la répartition en F_1 du chromosome X de leur père. On a en effet des résultats identiques à ceux qui viennent d'être décrits lorsqu'on croise un mâle S avec une femelle $\overline{XX}$. On sait que, dans ce cas, les mâles F_1 tiennent, contrairement à la règle générale, le chromosome X de leur père et non de leur mère.

C. Le croisement d'une femelle S et d'un mâle résistant ne produit jamais en F_1 que des *s* qui, croisés entre eux, ne donnent également que des *s*. Croisés à des *r*, ces F_1 se comportent exactement comme des individus de la souche S. Il en est de même à la génération suivante et une femelle F_2 sensible croisée à un mâle *r* ne produit que des *s*. Mais en répétant, de génération en génération, ce croisement d'une femelle *s* et d'un mâle *r*, on observe tôt ou tard, comme d'ailleurs dans les croisements consanguins, l'apparition d'individus résistants. Dans les deux cas, malgré ces ségrégations, il est possible, à condition de sélectionner les reproductrices, de conserver le caractère sensibilité aussi longtemps semble-t-il qu'on le désire.

D. Quelle que soit l'ascendance d'une population mixte, et quel que soit le nombre de générations qui la séparent de la souche S, il est toujours possible, par sélection et croisements consanguins des *s*, de constituer une souche présentant régulièrement dans les générations successives un pourcentage élevé (dépassant parfois 80 pour 100) d'individus sensibles. Nous n'avons cependant pas encore réussi à constituer une lignée homogène et stable comme l'est notre souche S.

E. Nous ne sommes pas en mesure de donner une explication de ces faits génétiques singuliers. Tout au plus pouvons-nous présenter une hypothèse toute provisoire que nous suggèrent un rapprochement, évidemment superficiel, avec le mécanisme héréditaire de certains cas d'albinisme chez les végétaux et une comparaison, assez gratuite, avec la transmission par l'œuf de certains symbiotes chez divers Insectes.

Imaginons que la sensibilité au CO^2 de la souche S soit subordonnée à

la présence dans le cytoplasme d'un certain facteur σ qui se répartirait entre les gamètes sous forme d'éléments discontinus et dont la vitesse de multiplication dépendrait de la constitution génétique de l'individu qui en est porteur, le génotype de la souche S lui étant particulièrement favorable. Dans ces conditions, les spermatozoïdes pauvres en cytoplasme échapperaient souvent, même dans la souche S, à la contamination par le facteur σ. Les ovules, au contraire, en raison de leur volume beaucoup plus grand, le recevraient toujours dans la souche S, mais pourraient en être dépourvus lorsqu'ils sont produits par des individus sensibles, mais d'un autre génotype. On conçoit également que la sélection des individus qui procréent le plus grand nombre de sensibles ne suffise pas, si le hasard ne réalise pas en même temps un génotype favorable, à permettre la reconstitution d'une lignée sensible homogène et stable comme l'est la souche S.

HYDROLOGIE MÉDICALE. — *Recherches au sujet de l'influence des eaux minérales sur la respiration tissulaire. Rôle des ions potassium et des ions ferriques. Action d'une eau minérale ferrugineuse.* Note (1) de MM. **Marius Piéry**, **Jean Enselme** et M^lle **Simone Petel**, présentée par M. Charles Achard.

Nous avons employé les techniques déjà utilisées dans nos publications antérieures sur le même sujet.

Nous comparerons d'abord l'action respiratoire, sur les globules nucléés d'oie, des ions Na^+, pris comme référence physiologique, et des ions potassium et des ions ferriques et ferreux. L'étude de ces oxydations est faite au moyen de l'appareil de Warburg. Nous désignons par I l'intensité respiratoire des globules nucléés, définie dans notre première Note (2).

1° *Étude de l'ion* K^+. — L'influence de l'ion K^+ sur la respiration a été recherchée en le comparant aux divers ions déjà étudiés Na^+, Mg^{++}, Ca^{++}. Voici les valeurs de I :

Milieu isotonique.

$CaCl^2$.	KCl.	NaCl.	KCl.	$MgCl^2$.	KCl.
199.......	230	227.......	245	230.......	127
185.......	255	120.......	213	219.......	195
		458.......	499	217.......	144
		230.......	293		

(1) Séance du 28 février 1938.

(2) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 1446; **206**, 1938, p. 192.

Ces mêmes expériences ont été réalisées en présence d'acide déhydroxyascorbique à 0,05 pour 100.

Milieu isotonique KCl	232	
Milieu isotonique KCl + acide déhydroxyascorbique	271	
Milieu isotonique KCl + acide déhydroxyascorbique	408	285
Milieu isotonique NaCl + acide déhydroxyascorbique	382	240

L'action est amplifiée, mais conserve le même sens en présence d'acide déhydroxyascorbique.

2° *Action des ions ferriques.* — Nous avons introduit des ions ferriques, sous forme de perchlorure de fer, dans divers milieux (tout en conservant l'isotonicité) à la dose de 14^{mg} de fer par litre.

Milieu NaCl isotonique	137	158	226	194	121	121	163
Milieu NaCl + Fe^2Cl^6 isotonique	79	54	181	137	85	98	64
Milieu $CaCl^2$ isotonique	67	Même milieu + Fe^2Cl^6					42

3° *Étude des ions ferreux.* — Nous avons utilisé le sulfate ferreux, à une dose correspondant en fer à 14^{mg} par litre.

Milieu NaCl isotonique + SO^4Na^2	141	106
Milieu NaCl + SO^4Fe isotonique	64	79

Il convient de remarquer que, pendant notre expérience, au contact de l'oxygène de la cuve, les ions ferreux se transforment en ions ferriques. Nous ne retenons donc de ces expériences qu'une seule conclusion : les ions ferriques diminuent la respiration d'une façon marquée.

4° *Étude d'une eau ferrugineuse.* — Nous avons utilisé l'eau de Charbonnières-les-Bains, qui, pour une minéralisation de 0,24 pour 1000, contient une dose de fer de 0,0128 pour 1000. Cette eau a, pendant les 8 premières heures après sa sortie du griffon, une action activante sur la respiration; son action va d'ailleurs en décroissant, puis elle s'inverse. Nous avons utilisé cette eau après l'avoir rendue isotonique au moyen d'une addition de chlorure de sodium. Nos résultats sont les suivants :

Vieillissement en heures	3 h.	4 h.	8 h.	82 h.	98 h.
Milieu chloruré sodique isotonique	62	89	239	167	239
Milieu eau minérale isotonisé	106	129	239	100	161

Conclusions. — 1° Les ions positifs quantitativement les plus importants des eaux minérales se rangent, par rapport à leur action respiratoire, dans l'ordre croissant :

$$Fe^{+++} < Ca^{++} < Na^{+} < K^{+} < Mg^{++}.$$

Ce groupe d'ions favorisant ainsi de façon croissante, dans l'ordre indiqué la respiration. Enfin, si on les compare à l'ion Na^+ pris comme base, on voit que les ions Ca^{++} et Fe^{+++} diminuent la respiration. Nous pensons que cette action est due à une diminution de la perméabilité cellulaire, due pour les ions Ca^{++} à un dépôt de sels insolubles (carbonate, oxalate etc.), et pour les ions ferriques à leur action coagulante sur les protéines cellulaires.

Par contre, les ions Mg^{++} et K^+ augmentent les respirations. Nous rapprochons ce fait de l'activité de ces deux ions sur la glycogénolyse. On sait en effet que l'ion K^+ favorise la mutation : phosphocréatine + acide adénylique = acide adénosinetriphosphorique et que l'ion Mg^{++} favorise la mutation acide phosphopyruvique + acide adénylique = acide adénosine-triphosphorique.

2° Nous pensons qu'il convient d'attribuer l'inversion de l'action de l'eau minérale naturelle à l'apparition d'ions ferriques libres après floculation de formes plus complexes. Nous pensons par là apporter une démonstration biologique du vieillissement de l'eau minérale et un moyen de mesurer ces transformations.

PATHOLOGIE COMPARÉE. — *La tremblante du mouton est-elle déterminée par un virus filtrable ?* Note de MM. **Jean Cuillé** et **Paul-Louis Chelle**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous avons montré [1] que la tremblante du mouton est une affection virulente, transmissible expérimentalement par inoculation de substance nerveuse (moelle ou cerveau) provenant de malades. Toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour, par nous et par d'autres expérimentateurs, pour mettre en évidence, dans les produits virulents, un germe morphologiquement défini ayant échoué, nous avons été amenés à penser que l'agent de la maladie pourrait être un virus filtrant. Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris quelques essais d'inoculation de substance nerveuse filtrée.

Un fragment assez étendu (15^{cm}) de moelle lombaire d'une brebis atteinte de tremblante et arrivée aux derniers stades du mal est broyé à l'appareil Latapie et dilué dans 50^{cm^3} environ de sérum physiologique. L'émulsion, très épaisse, après un grossier tamisage sur quelques couches de gaze, est

---

(1) J. Cuillé et P.-L. Chelle, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1552 ; 206, 1938, p. 78.

filtrée lentement sous la pression de 1 atmosphère à travers la bougie Chamberland L. 3. Le filtrat est inoculé le 21 novembre 1936, partie par voie intra-oculaire (3^{cm^3}), partie par voie sous-cutanée (18^{cm^3}), à deux agneaux de trois à quatre mois, provenant d'une région indemne de tremblante.

Ces animaux ont présenté, dans des conditions très voisines, les signes de la tremblante. Les premières manifestations ont apparu sur l'un des deux sujets, dès le 15 décembre 1937, sous la forme d'une frayeur inaccoutumée. Elles ne sont devenues caractéristiques, sur les deux animaux, qu'à partir du mois de mars 1938 (16 mois après l'inoculation), époque à laquelle sont constatés le grincement des dents, un prurit intense de la région dorso-lombaire, qui pousse les animaux à se gratter avec frénésie contre tous les objets en saillie et, enfin, les troubles locomoteurs : incoordination du train postérieur, mouvements de flexion exagérée des membres antérieurs (stepper). Les symptômes et l'évolution de l'affection observée sur ces animaux inoculés sont en tous points comparables à ceux de la maladie naturelle.

Il faut également noter que la marche de l'infection expérimentale après inoculation de moelle filtrée (période d'incubation, durée de la maladie) est absolument identique à celle de l'infection déterminée par l'injection de produits non filtrés, ce qui montre que la filtration n'a pas sensiblement diminué la virulence du matériel infectant.

En résumé, 1° Ces expériences confirment les résultats énoncés dans nos deux premières Notes quant à la transmissibilité de la maladie et à la longue durée de la période d'incubation.

2° Elles montrent, en outre, que l'agent de la tremblante passe à travers la bougie Chamberland L. 3. La filtration ne modifie pas sensiblement l'action pathogène des produits virulents.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

A. Lx.